

**KARAKTERISASI KANDUNGAN MINERAL DAN  
UNSUR PENYUSUN BATUGAMPING PADA  
PT SEMEN TONASA**



**SKRIPSI**

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Meraih Gelar Sarjana Sains  
Jurusan Fisika pada Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Alauddin Makassar

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI  
OLEH:  
**ALAUDDIN**  
M A K A S S A R  
**GALID LARAEBI**  
NIM.60400113014

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UIN ALAUDDIN MAKASSAR**

**2017**

## **PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI**

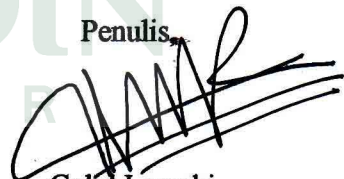
Mahasiswa yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Galid Laraebi  
NIM : 60400113014  
Tempat/Tgl.Lahir : Lanne, 27 Desember 1994  
Jurusan : Fisika  
Fakultas : Sains dan Teknologi  
Judul : Karakterisasi Kandungan Mineral dan Unsur Penyusun  
Batugamping pada PT Semen Tonasa

Menyatakan bahwa skripsi ini benar adalah hasil penyusun sendiri. Jika dikemudian hari terbukti bahwa ia merupakan duplikat, tiruan, plagiat, atau dibuat oleh orang lain, sebagian atau seluruhnya, maka skripsi dan gelar yang diperoleh karenanya batal karena hukum.

Gowa, 20 November 2017

Penulis,



Galid Laraebi  
NIM: 60400113014

## PENGESAHAN SKRIPSI

Skripsi yang berjudul “*Karakterisasi Kandungan Mineral dan Unsur Penyusun Batugamping pada PT Semen Tonasa*”, yang disusun oleh saudara **GALID LARAEBI**, Nim: 60400113014 Mahasiswa Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar, telah diuji dan dipertahankan dalam sidang munaqasyah yang diselenggarakan pada hari Selasa, 28 November 2017 M, bertepatan dengan 9 Rabi’ul Awwal 1439 H, dinyatakan telah dapat diterima sebagai salah satu syarat untuk meraih gelar sarjana dalam ilmu Fisika, Jurusan Fisika (dengan beberapa perbaikan).

Gowa, 28 November 2017

9 Rabi’ul Awwal 1439 H

### DEWAN PENGUJI

Ketua	: Dr.Ir.Andi Suarda, M.Si.	(.....)
Sekretaris	: Rahmaniah, S.Si.,M.Si.	(.....)
Munaqisy I	: Sri Zelviani, S.Si.,M.Sc.	(.....)
Munaqisy II	: Dr.H.Aan Farhani, Lc.,M.Ag.	(.....)
Pembimbing I	: Ihsan, S.Pd., M.Si.	(.....)
Pembimbing II	: Ria Rezki Hamzah, S.Pd.,M.Pd.	(.....)



Diketahui oleh:  
**Dekan Fakultas Sains dan teknologi**  
**UIN Alauddin Makassar**

**Prof. Dr. H. Arifuddin, M.Ag.**  
**NIP: 19691205 199303 1 001**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur Alhamdulillah kami panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan banyak nikmatnya kepada penyusun sehingga atas berkat dan rahmat serta karunia-Nyalah penyusun dapat menyelesaikan sebuah penelitian ini dengan judul “**Karakterisasi Kandungan Mineral dan Unsur Penyusun Batugamping pada PT Semen Tonasa**” sesuai dengan waktu yang penyusun rencanakan.

Penyusun menyampaikan terima kasih yang terkhusus kepada Ayahanda dan Ibunda tercinta (**Muh. Arsyad dan Sawiah**) dimana rasa dan ungkapan terima kasih tidaklah bisa membalas sebagian kecil atas usaha, kasih sayang yang senantiasa tulus serta doanya yang tiada henti-hentinya demi melihat kebaikan, keberhasilan dan kebahagiaan penyusun, sehingga penyusun bisa menjadi orang yang seperti sekarang ini.

Selain ucapan terima kasih kepada kedua orang tua, penyusun juga mengucapkan terima kasih kepada Bapak **Ihsan, S.Pd., M.Si** dan Ibu **Ria Rezki Hamzah, S.Pd., M.Pd** selaku pembimbing I dan pembimbing II yang dengan tulus meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk membimbing, mengajarkan dan mengarahkan penyusun agar dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan hasil yang baik dan tepat waktu.

Penelitian ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat penilaian mata kuliah Skripsi sekaligus sebagai salah satu syarat untuk meraih gelar Sarjana Sains (S.Si) Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar. Penyusunan hasil penelitian ini tidak berniat untuk mengubah materi yang sudah ada sebelumnya dari beberapa sumber materi yang terdapat dalam tinjauan teoritis penelitian ini. Akan tetapi hanya sebagai tanggung jawab dari penyusun untuk memaparkan hasil dari penelitian ini dan semoga bisa memberi tambahan pengetahuan bagi kita semua. Amin.

Ibarat pepatah “Tak Ada Gading Yang Tak Retak”, maka begitu pulalah dengan penelitian ini, walaupun penyusun telah berusaha semaksimal mungkin, akan tetapi penyusun menyadari bahwa masih banyak terdapat kesalahan, kekurangan dan kehilafan dalam penyusunan penelitian ini. Untuk itu, saran dan kritik tetap penyusun harapkan demi perbaikan dari penelitian ini kedepannya.

Penelitian ini juga bisa terlaksana berkat bantuan dari berbagai pihak yang telah membantu, baik berupa dorongan semangat maupun material sehingga penyusun ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak **Prof. Dr. Musafir Pabbabari, M.Si** sebagai rektor UIN Alauddin Makassar yang telah memberikan andil dalam melanjutkan pembangunan UIN Alauddin Makassar dan memberikan berbagai fasilitas guna kelancaran studi kami.
2. Bapak **Prof. Dr. H. Arifuddin, M.Ag** sebagai Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar.
3. Para Civitas Akademik Fakultas Sains dan Teknologi yang telah membantu dalam pembuatan surat izin penelitian, Surat Keputusan (SK) sehingga penyusun dapat melakukan penelitian ini.



4. Ibu **Sahara, S.Si., M.Sc., Ph.D** sebagai ketua Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi sekaligus sebagai Penasehat Akademik yang selama ini berperan besar selama masa studi penyusun, memberikan motivasi maupun semangat maupun kritik masukan kepada penyusun sehingga penyusun dapat menyelesaikan skripsi ini.
5. Bapak **Ihsan, S.Pd., M.Si** sebagai sekertaris Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi sekaligus Pembimbing I yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing penyusun selama penyusunan Skripsi ini berlangsung.
6. Ibu **Ria Rezki Hamzah, S.Pd., M.Pd** sebagai Pembimbing II yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing penyusun selama penyusunan Skripsi ini berlangsung.
7. Ibu **Sri Zelviani, S.Si., M.Sc** dan Bapak **DR.H. Aan Farhani, Lc., M.Ag** selaku penguji I dan penguji II yang senantiasa memberikan masukan kepada penulis untuk perbaikan Skripsi ini.
8. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi yang telah segenap hati dan ketulusan memberikan banyak ilmu kepada penyusun, sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
9. Bapak H. Subhan,SE.Ak, selaku Direktur Utama PT. Semen Tonasa.
10. Bapak Karim,SE selaku senior *Management of Training* di PT. Semen Tonasa.
11. Bapak Ir. Basri, selaku Kepala Biro Dept. Bahan Baku di PT. Semen Tonasa.
12. Bapak M. Syahrul Saleh,ST selaku Pembimbing Lapangan di PT. Semen Tonasa.

13. Bapak Haryono Gunawan, Bapak Resky, Bapak Tamrin, Bapak Ilyas dan Bapak Rindu selaku Rekan Kerja Pembimbing Lapangan.
14. Bapak Irwan Mahardika, A.Md selaku pembimbing di Laboratorium *Quality Control* Tonasa IV PT. Semen Tonasa.
15. Bapak Rizal sebagai pembimbing di Laboratorium *Quality Control* Tonasa V PT Semen Tonasa.
16. Bapak Rian sebagai pembimbing di Laboratorium *Quality Assurance* Tonasa II/III PT Semen Tonasa.
17. Karyawan-karyawan yang bertugas di Laboratorium *Quality Control* PT Semen Tonasa yang telah membantu kami dalam menyelesaikan proses pengujian sampel.
18. Rekan penelitian saya **Hasofiana** yang telah membantu saya dalam melakukan penelitian ini baik di lapangan maupun di laboratorium.
19. Kepada teman-teman **Asas 13lack** yang telah menemani hari-hari penulis sebagai mahasiswa Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi yang telah membantu penyusun selama masa studi terlebih lagi pada masa penyusunan skripsi ini.

Akhir kata penyusun berharap semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Sekian dan Terima Kasih.

Samata-Gowa, 2 November 2017

Penyusun

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN SAMPUL.....</b>	<b>.....</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....</b>	<b>i</b>
<b>PENGESAHAN SKRIPSI.....</b>	<b>ii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN.....</b>	<b>xvii</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>xviii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Ruang Lingkup Penelitian.....	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
<b>BAB II TINJAUAN TEORITIS .....</b>	<b>6</b>
2.1 Integrasi Keilmuan dan Pandangan Al-Quran Terhadap Batuan .....	6
2.2 Sejarah Singkat PT. Semen Tonasa.....	11
2.3 Defenisi Batugamping .....	12
2.4 Klasifikasi Batugamping .....	12
2.4.1 <i>Mud Stone</i> .....	15



2.4.2 <i>Wackestone</i> .....	17
2.4.3 <i>Boundstone</i> .....	17
2.4.4 <i>Grainstone</i> .....	19
2.4.5 <i>Packstone</i> .....	20
2.4.6 <i>Kristalin</i> .....	21
2.5 Kandungan Mineral Batugamping .....	21
2.6 Struktur Kristal Batugamping .....	22
2.7 Kegunaan Batugamping .....	22
2.8 Penambangan Batugamping .....	24
2.9 Tinjauan Geologi Daerah Penelitian .....	25
2.9.1 Satuan Bentangalam Karst .....	25
2.9.2 Stratigrafi Daerah Penelitian .....	27
2.9.3 Struktur Geologi Regional .....	28
2.10 Uji Kualitatif Mineral dan Unsur Penyusun Batugamping .....	28
2.10.1 Defenisi Sinar-X.....	28
2.10.2 <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i> .....	30
2.10.3 <i>X-Ray Fluorescence (XRF)</i> .....	31
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>35</b>
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	35
3.2 Alat dan Bahan.....	35
3.2.1 Alat dan Bahan yang digunakan di Tambang <i>Quarry</i> Batu Kapur PT Semen Tonasa .....	35

3.2.2 Alat dan Bahan yang digunakan di Laboratorium <i>Quality Control</i> Tonasa II/III.....	36
3.2.3 Alat dan Bahan yang digunakan di Laboratorim <i>Quality Control</i> Tonasa IV dan Tonasa V .....	36
3.2.4 Alat dan Bahan yang digunakan di Laboratorim <i>Quality Assurance</i> Tonasa II/III.....	38
3.2.5 Alat dan Bahan yang digunakan di Laboratorim XRD dan XRF Gedung <i>Science Building</i> Fakultas MIPA Universitas Hasanuddin Makassar.....	38
3.3 Metode Pengumpulan Data.....	39
3.4 Prosedur Kerja dan Teknik Pengolahan Data .....	39
3.4.1 Prosedur Kerja di <i>Quarry</i> Batu Kapur PT. Semen Tonasa.....	39
3.4.2 Prosedur Kerja di Laboratorium <i>Quality Control</i> Tonasa II/III.....	39
3.4.3 Prosedur Kerja di Laboratorium <i>Quality Control</i> Tonasa IV .....	40
3.4.4 Prosedur Kerja di Laboratorium <i>Quality Control</i> Tonasa V .....	44
3.4.5 Prosedur Kerja di Laboratorium <i>Quality Assurance</i> Tonasa II/III	45
3.4.6 Prosedur Kerja di Laboratorium di Laboratorim XRD dan XRF Gedung <i>Science Building</i> Fakultas MIPA Universitas Hasanuddin Makassar.....	50
3.4.7 Prosedur Kerja dengan Menggunakan <i>Software Search – Match</i> .	50
3.5 Bagan Alir Penelitian .....	57
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>58</b>
4.1 Hasil Penelitian .....	58

4.1.1	Deskripsi Batugamping.....	59
4.1.2	Data Hasil Penentuan <i>Hardgroove Grindability Index</i> (HGI) pada Laboratorium <i>Quality Assurance</i> Tonasa II/III.....	62
4.1.3	Data Hasil Pengujian <i>XRF</i> Batugamping pada Laboratorium <i>Quality Control</i> Tonasa IV .....	63
4.1.4	Data Hasil Pengujian <i>XRD</i> Batugamping pada Laboratorium <i>Quality Control</i> Tonasa V.....	64
4.2.5	Data Hasil Pengujian <i>XRD</i> Sampel Batugamping dengan <i>Software</i> <i>Search Match</i> pada Laboratorium <i>XRD</i> dan <i>XRF</i> Gedung <i>Science</i> <i>Building</i> Fakultas MIPA Universitas Hasanuddin Makassar .....	65
4.2	Pembahasan.....	67
<b>BAB V PENUTUP.....</b>		<b>71</b>
5.1	Kesimpulan .....	71
5.2	Saran .....	72
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>		<b>73</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>		<b>L..</b>
<b>BIOGRAFI PENULIS .....</b>		<b>L..</b>

## DAFTAR GAMBAR

No.	Keterangan Gambar	Halaman
2.1	Kantor Pusat PT Semen Tonasa	11
2.2	Batugamping	13
2.3	Klasifikasi batugamping menurut Dunham (1962)	15
2.4	<i>Mudstone</i>	17
2.5	<i>Wackstone</i>	17
2.6	<i>Boundstone</i>	18
2.7	<i>Grainstone</i>	20
2.8	<i>Packstone</i>	21
2.9	Struktur kristal $\text{CaCO}_3$	22
2.10	Kenampakan bentangalam karst berupa perbukitan, bentuk puncak relatif tumpul (x), difoto ke arah Timur Laut	25
2.11	Salah satu penciri satuan bentangalam karts yaitu goa, terlihat adanya stalaktit	26
2.12	Skema pembangkitan sinar-X	29
2.13	Difraksi sinar – X pada bidang atom	31
2.14	Prinsip kerja <i>X-Ray Fluorescence (XRF)</i>	32
2.15	(a). Prinsip kerja <i>X-Ray Fluorescence (XRF)</i>	34
	(b). Skema cara kerja alat X – Ray Fluorescence	34
3.1	Proses penggilingan sampel batugamping dengan menggunakan alat <i>geocrusher</i>	40
3.2	Proses pengerisan sampel batugamping pada <i>Oven</i> untuk menghilangkan kandungan air dari sampel	40

No.	Keterangan Gambar	Halaman
3.3	Proses penggilingan sampel batugamping pada mesin <i>disk mill</i>	41
3.4	(a) Proses menimbang sampel sebanyak 9 gram	41
	(b) Proses menuangkan sampel ke dalam <i>grinding vessel</i>	41
3.5	Proses penggilingan sampel batugamping pada mesin <i>swing mill</i>	42
3.6	Proses pencetakan sampel batugamping pada alat <i>automatic press</i>	42
3.7	(a) Alat <i>X – Ray Fluorescence</i>	43
	(b) tempat peletakan sampel batugamping pada alat <i>X – Ray Fluorescence</i>	43
3.8	(a) Tampilan utama <i>software oxsas</i>	43
	(b) Daftar kandungan oksida yang akan ditampilkan oleh <i>software oxsas</i> dari sampel batugamping hasil analisis <i>X – Ray Fluorescence</i>	43
3.9	Alat <i>X – Ray Diffraction</i>	44
3.10	(a) Alat <i>Jaw Crusher</i>	45
	(b) Hasil penggilingan sampel batugamping dari alat <i>Jaw Crusher</i>	45
3.11	Alat penyaring/pengayak sampel (1 mm – 5 mm)	45
3.12	Proses menimbang sampel batugamping pada neraca digital sebanyak 50 gram	46

No.	Keterangan Gambar	Halaman
3.13	Wadah alat ukur HGI	46
3.14	Pemasangan wadah alat ukur HGI	47
3.15	Proses penggilingan sampel batugamping pada alat ukur HGI	47
3.16	Hasil penggilingan Sampel batugamping pada alat ukur HGI	48
3.17	(a) Proses pengayakan sampel batugamping (b) Hasil ayakan yang lolos (75 mikron) dari alat penyaring	48
3.18	Proses menimbang sampel batugamping yang lolos ayakan	49
3.19	Tabel nilai HGI untuk sampel ukuran 75 mikron	49
3.20	Proses awal membuka software <i>Search – Match</i>	51
3.21	Halaman utama untuk memulai software <i>Search – Match</i>	52
3.22	Proses pengimputan data mentah hasil difraksi sinar- X pada software <i>Search – Match</i>	52
3.23	Tampilan hasil grafik difraksi sinar- X pada software <i>Search – Match</i> sesuai keinginan	53
3.24	Proses pencarian kandungan mineral dari material hasil uji difraksi sinar - X pada software <i>Search – Match</i>	54
3.25	Daftar hasil pencarian mineral CaO yang terkandung dari material hasil uji difraksi sinar – X pada software <i>Search – Match</i>	54



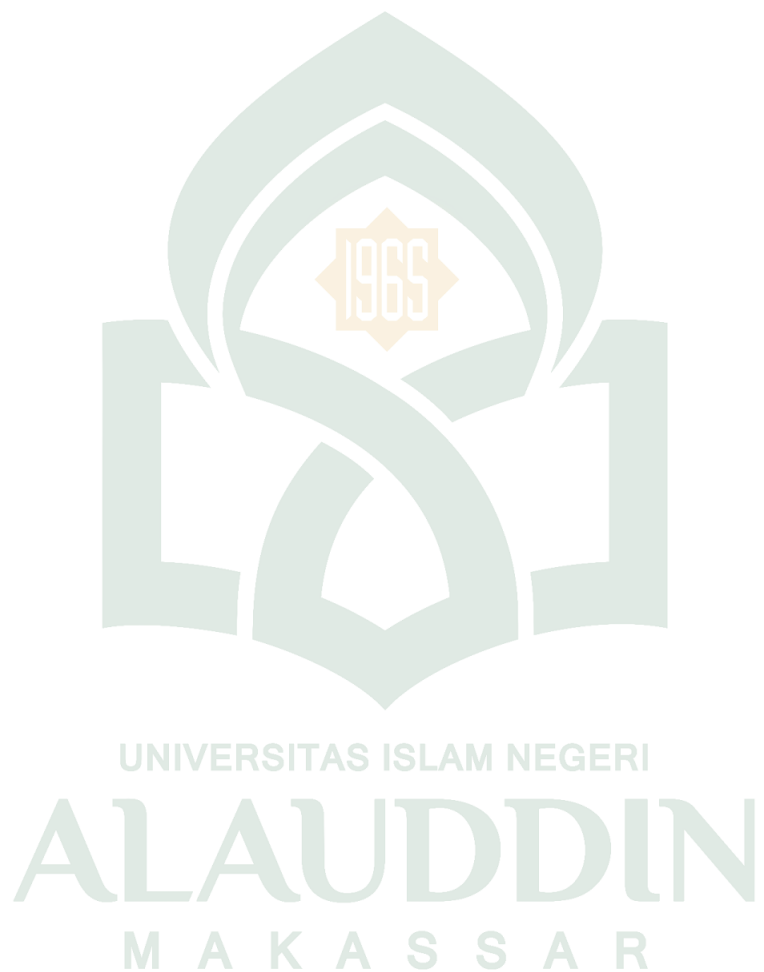
No.	Keterangan Gambar	Halaman
	Mineral CaO yang cocok dengan puncak grafik dari	
3.26	material hasil uji difraksi sinar – X pada <i>software Search – Match</i>	55
	Proses penyimpanan data mineral CaO dengan puncak	
3.27	grafik dari material hasil uji difraksi sinar – X pada <i>software Search – Match</i>	56
3.28	Bagan alir proses uji <i>XRF</i> dan <i>XRD</i> dari sampel batugamping	57
4.1	Peta Lokasi Pengambilan Sampel Batugamping di <i>Quarry</i> Batu Kapur PT Semen Tonasa	58
4.2	Deskripsi Batugamping Blok 4	59
4.3	Deskripsi Batugamping Blok 5	60
4.4	Deskripsi Batugamping Blok 7	61
4.5	Deskripsi Batugamping Blok 8	61
4.6	Deskripsi Batugamping Blok 9	62
4.7	Grafik mineral yang terkandung dalam Batugamping pada Blok 4	64
4.8	Grafik mineral yang terkandung dalam Batugamping pada Blok 5	65
4.9	Grafik mineral yang terkandung dalam Batugamping pada Blok 7	65

No.	Keterangan Gambar	Halaman
4.10	Grafik mineral yang terkandung dalam Batugamping pada Blok 8	66
4.11	Grafik mineral yang terkandung dalam Batugamping pada Blok 9	66



## DAFTAR TABEL

No.	Keterangan Tabel	Halaman
4.1	Data hasil penentuan <i>Hardgroove Grindability Index</i> (HGI)	62
4.2	Data hasil pengujian XRF sampel batugamping	63
4.3	Data hasil Pengujian XRD sampel batugamping	64



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Keterangan	Halaman
1.	Dokumentasi Sampel dan Kode Sampel	L1
2.	Data Hasil Uji HGI	L12
3.	Data Hasil Uji <i>XRD</i>	L14
4.	Data Hasil Uji <i>XRF</i>	L16
5.	Usul Penetapan Pembimbing	L23
6.	Permohonan Penerbitan Surat Izin Penelitian	L25
7.	Surat Izin Penelitian Ditujukan ke BKPM Sul-Sel	L27
8.	Surat Izin Penelitian ke Universitas Hasanuddin	L29
9.	Surat Izin Pengambilan Data di PT Semen Tonasa	L31
10.	Agenda Penelitian	L34
11.	Pengesahan Perusahaan dan Pembimbing yang Menyatakan telah Melakukan Penelitian di PT Semen Tonasa	L37
12.	Surat Keputusan telah Melakukan Penelitian dari PT Semen Tonasa	L41
13.	Surat Persetujuan Seminar Proposal, Hasil, dan Munaqasyah.	L43
14.	Surat Keputusan (SK) Penetapan Pembimbing, seminar Proposal, Hasil, Komprenship, dan Munaqasyah	L47
15.	Biografi Penulis	L52

## ABSTRAK

**Nama : Galid Laraebi**

**NIM : 60400113014**

**Judul : Karakterisasi Kandungan Mineral dan Unsur Penyusun Batugamping pada PT Semen Tonasa**

---

Telah dilakukan penelitian dengan judul Karakterisasi Kandungan Mineral dan Unsur Penyusun Batugamping pada PT Semen Tonasa dengan tujuan untuk mengetahui sifat fisik dan sifat kimia dari batugamping (*limestone*) di Tambang *Quarry* Batu Kapur PT Semen Tonasa. Sampel batugamping diambil dari 5 blok dengan ketinggian yang berbeda pada setiap bloknnya kemudian diambil sampel sebanyak 6 titik pada masing – masing blok tersebut. Sampel batugamping yang telah diambil kemudian diamati sifat fisik dan sifat kimianya. Sifat fisik yang diperoleh meliputi warna segar, warna lapuk, tekstur batuan, tingkat kekerasan (HGI) dan kandungan fosil. Sifat kimia dari batugamping diperoleh dengan cara melakukan uji XRF dan uji XRD pada sampel batugamping yang digunakan sehingga diperoleh kandungan unsur yang terdapat pada batugamping yaitu Ca, Si, Al, Mg, Fe, K, S, dan Na sedangkan kandungan mineral dari batugamping yaitu CaO, SiO<sub>2</sub>, MgO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>O, SO<sub>3</sub>, dan Na<sub>2</sub>O sedangkan sifat fisik yang diperoleh seperti warna segar yang meliputi warna putih dan abu – abu, warna lapuk meliputi putih kecoklatan dan putih keabuan, tekstur batuan meliputi berongga, tak berongga, mudah lapuk dan tidak mudah lapuk, tingkat kekerasan atau memiliki nilai HGI berada pada rentang antara 60–77 serta kandungan fosil yang berbeda – beda.

**Kata Kunci:** Batugamping, *Limestone*, XRF, XRD.

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Sebagai negara yang terkenal dengan sebutan Nusantara, Indonesia memiliki keuntungan dengan melimpahnya sumber daya alam yang berada di atas tanah suburnya. Sebutan Nusantara yang berarti kepulauan (Nusa) diantara dua jalur lempeng (lempeng Asia dan lempeng Pasifik) dan dua jalur gunung api aktif di dunia (sirkum Mediterania dan Sirkum Pasifik) membuat Indonesia dipenuhi lahan-lahan subur akibat bentukan alam dan vulkanisasi yang terus terjadi hingga kini. Di beberapa wilayah di Indonesia bahkan ada tanah yang kaya akan gamping hingga membentuk sebuah bongkahan besar menyerupai gunung gamping (perbukitan karst), misalnya dibagian barat laut Kalimantan Timur, Sumatra Barat, Jepara, Jawa Tengah, dan beberapa daerah di kepulauan sulawesi. Akan tetapi, kawasan karst di Indonesia kurang mendapat perhatian dari pemerintah dalam pengembangan industri pengolahan batugamping, seolah kekayaan ini hanya akan sia-sia. Kurang tanggapnya pemerintah mengelola batuan kapur atau batugamping ini akan sangat merugikan bagi negara kita ini.

Kawasan karst sering terkesan hanya sebagai lahan gersang dan berbatu, sehingga tidaklah mengherankan kalau batulah yang dianggap sebagai potensi yang mengiurkan dari kawasan karst. Penambangan batugamping di kawasan karst seolah menjadi primadona sektor usaha, tanpa atau sedikit menghiraukan fungsi yang lain



terutama fungsi hidrologis. Batugamping merupakan bahan galian industri yang tersedia cukup banyak dengan cadangan diperkirakan lebih dari 28 milyar ton, tersebar hampir merata di seluruh kepulauan Indonesia (Ruslan Timpola, 2014). Batugamping saat ini digunakan sebagai batu fondasi, plester untuk adukan pasangan bata, semen, bahan baku industri (karbid, peleburan baja, bahan pemutih, soda abu, penggosok, pembuatan logam magnesium, pembuatan alumina, plotasi, pembasmi hama, penjernih air, dan keramik), pertanian (pupuk), dan batu hias (lantai, dinding, atau cinderamata). Tanpa adanya pemahaman tentang fungsi ekologis dari bukit karst seperti saat ini, dapat dipastikan bahwa dimasa mendatang kawasan karst akan terancam.

Salah satu wilayah yang memiliki cadangan batugamping yang cukup banyak adalah Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan, Sulawesi Selatan. Batugamping tersebut tersebar di beberapa tempat, diantaranya Desa Biring Ere, Kecamatan Bungoro, Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan. Di Desa Biring Ere, batugamping diolah oleh salah satu perusahaan Semen Indonesia yaitu PT. Semen Tonasa yang merupakan produsen semen terbesar di kawasan Indonesia bagian timur dengan lahan seluas 715 hektar.

Dalam industri semen, batugamping yang digunakan sebagai bahan baku adalah batugamping dengan kandungan tertentu. Pada umumnya, *high-calsium limestone* juga digunakan. *High-calsium limestone* yaitu batugamping dengan kandungan kalsium karbonat paling tidak 97% (54,3% CaO), 2% kandungan magnesium karbonat (<0,96% MgO). *Calsium-limestone* memiliki kandungan utama

kalsium karbonat namun tidak dapat diklasifikasikan sebagai *high-calsium limestone*, mengandung 10% magnesium karbonat ( $<4,79\%$ ) dan kandungan magnesium biasanya tidak lebih dari 3% (Saputro,dkk. 2014).

Batugamping dengan kandungan tertentu juga diolah oleh PT. Semen Tonasa untuk dijadikan semen mengalami beberapa tahapan proses mulai dari bahan baku berupa batugamping yang diambil dari lokasi tambang yang berada di sekitar pabrik hingga pada hasil akhir berupa semen hasil olah dari pabrik PT. Semen Tonasa. Semen hasil produksi ini kemudian dapat dijadikan sebagai bahan utama pada pembuatan bangunan, jalan raya, jembatan, bendungan, waduk, saluran irigasi dan lain sebagainya.

Selain penggunaan tersebut di atas, batugamping dapat digunakan untuk berbagai keperluan bila kandungan mineral dan kadar unsur penyusunnya diketahui. Maka dari itu penelitian ini bermaksud untuk mengetahui kandungan mineral dan unsur penyusun batugamping yang terdapat di *Quarry Batu Kapur* PT. Semen Tonasa dengan alasan yaitu untuk mengetahui unsur penyusun batugamping sebagai bahan utama pembuatan semen dengan mempertimbangkan jenis, lokasi, ciri fisik dan sifat kimia dari batugamping.

Mengenai jenis dan lokasi serta ciri fisik dari batugamping dapat diperoleh melalui pengamatan langsung dari batugamping itu sendiri. Sementara itu, informasi mengenai karakterisasi dan mineral yang terkandung dalam batugamping dapat diperoleh dengan menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD), sedangkan informasi

mengenai kandungan unsur yang terkandung dalam batugamping, dapat diperoleh dengan menggunakan karakterisasi *X-Ray Fluorescence* (XRF).

Berdasarkan permasalahan diatas, maka dilakukan penelitian karakterisasi kandungan mineral dan unsur penyusun batugamping yang terdapat di *Quarry* Batu Kapur PT. Semen Tonasa, Desa Biring Ere, Kecamatan Bungoro, Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan dengan tujuan untuk mengetahui mineral dan unsur yang terkandung dalam batugamping.

### **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Bagaimana kandungan unsur dan mineral batugamping di *Quarry* Batu Kapur PT. Semen Tonasa berdasarkan ketinggian tempat?
2. Bagaimana sifat fisik batugamping di *Quarry* Batu Kapur PT. Semen Tonasa berdasarkan ketinggian tempat?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui kandungan mineral dan unsur penyusun batugamping di *Quarry* Batu Kapur PT. Semen Tonasa berdasarkan ketinggian tempat.
2. Untuk mengetahui sifat fisik batugamping di *Quarry* Batu Kapur PT. Semen Tonasa berdasarkan ketinggian tempat.

#### 1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup pada penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Sampel yang digunakan adalah batugamping yang terdapat disetiap blok pada *Quarry* Batu Kapur PT. Semen Tonasa.
2. Sampel batugamping yang diambil hanya 6 titik koordinat pada setiap blok di *Quarry* Batu Kapur PT. Semen Tonasa.
3. Penelitian ini hanya mengkaji kandungan mineral dan unsur yang terkandung pada batugamping yang terdapat disetiap blok pada *Quarry* Batu Kapur PT. Semen Tonasa.

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang akan diperoleh setelah dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sebagai informasi untuk PT. Semen Tonasa mengenai kandungan mineral dan unsur penyusun batugamping yang terdapat disetiap blok pada *Quarry* Batu Kapur PT. Semen Tonasa.
2. Penelitian ini dapat dijadikan sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya mengenai karakteristik batugamping, metode *X-Ray Diffraction* (XRD) dan metode *X-Ray Fluorescence* (XRF).

## **BAB II**

### **TINJAUAN TEORITIS**

#### **2.1 Integrasi Keilmuan dan Pandangan Al-Quran Terhadap Batuan**

Peraturan tentang kegiatan pertambangan yang berwawasan lingkungan telah tertuang dalam berbagai peraturan perundang-undangan yang di dalamnya terdapat sanksi yang diharapkan dapat menjadi batasan bagi kegiatan tersebut, hingga pada akhirnya dapat mewujudkan kegiatan penambangan yang mensejahterakan dengan tetap menjaga kelestarian lingkungan hidup. (Di dalam ajaran Islam, manusia sebagai khalifah yang telah dipilih oleh Allah di muka bumi ini). Jadi sebagai wakil (khalifah) Allah di muka bumi, manusia harus aktif dan bertanggungjawab untuk menjaga bumi. Artinya, menjaga keberlangsungan fungsi bumi sebagai tempat kehidupan makhluk Allah termasuk manusia sekaligus menjaga keberlanjutan kehidupannya. Manusia baik secara individu maupun kelompok tidak mempunyai hak mutlak untuk menguasai sumber daya alam. Hak penguasaannya tetap ada pada Tuhan Pencipta. Manusia wajib menjaga kepercayaan atau amanah yang telah diberikan oleh Allah tersebut. Dalam konteks ini maka perumusan (fiqh lingkungan) hidup menjadi penting dalam rangka memberikan pencerahan dan paradigma baru bahwa fiqh tidak hanya berpusat pada masalah-masalah ibadah dan ritual saja, tetapi bahasan fiqh sebenarnya juga meliputi tata aturan yang sesuai dengan prinsip-prinsip agama terhadap berbagai realita sosial kehidupan yang tengah berkembang. Islam sangat prihatin dengan masalah-masalah lingkungan di mana terdapat aturan –

aturan tentang konservasi terhadap berbagai hal yang berkaitan dengan alam, mencakup di dalamnya air, tanah, dan hutan, di antaranya adalah konsep-konsep seperti *ihy' al-mawat* (membuka tanah yang dibiarkan untuk ditanami), *al-him* (daerah tertentu yang dijadikan oleh pemerintah untuk kepentingan publik), *al-haram* (cagar alam yang tidak dapat diganggu-gugat) dan lain-lain (Wahidah, 2017).

Allah SWT berfirman dalam QS Fussilat (41) Ayat: 9–10 yang berbunyi:

﴿ قُلْ أَنتُمْ لَكُمْ تَكْفُرُونَ بِالَّذِي خَلَقَ الْأَرْضَ فِي يَوْمَيْنِ وَتَجْعَلُونَ لَهُ أَنْدَادًا ۚ ذَٰلِكَ رَبُّ الْعَالَمِينَ ۝ وَجَعَلَ فِيهَا رَوَاسِيَ مِنْ فَوْقِهَا وَبَرَكَ فِيهَا وَقَدَّرَ فِيهَا أَقْوَامًا فِي أَرْبَعَةِ أَيَّامٍ سَوَاءً لِّلسَّائِلِينَ ۝﴾

Terjemahnya:

Katakanlah, “Pantaskah kamu ingkar kepada Tuhan yang menciptakan bumi dalam dua masa dan kamu adakan pula sekutu-sekutu bagi-Nya? Itulah Tuhan seluruh alam” Dan Dia menciptakan di bumi itu gunung-gunung yang kokoh di atasnya. Dia memberkahinya dan Dia menentukan padanya kadar makanan-penghuninya dalam empat hari. (Penjelasan itu sebagai jawaban) bagi orang-orang yang bertanya. (Kementrian Agama Republik Indonesia, 2011).

Berdasarkan salah satu penafsiran tentang ayat Al-Quran, kedua ayat di atas (QS. Fussilat (41) Ayat 9–10) dijelaskan dalam Tafsir Al-Maraghi di mana Allah SWT menciptakan langit dan bumi pada tahapan-tahapan yang berbeda-beda secara berurut-turut, dan bahwa Dia telah menyempurnakan bagi masing-masing langit itu hal-hal yang mereka siap melaksanakannya, dan Dia menghiasi langit dengan



bintang–bintang dan planet–planet, baik yang tetap maupun yang berlayar. Dan itu tidak mengherankan, karena itu semua adalah ketentuan dari Tuhan Yang Maha Perkasa, Yang Maha Menang atas urusan-Nya, lagi Maha Mengetahui atas segala sesuatu yang ada di langit maupun di bumi, tidak ada sesuatupun pada keduanya yang tersembunyi bagi Allah. Maka, kamu mudah saja menganggap patung–patung dan berhala–berhala sebagai sekutu–sekutu Allah, padahal patung–patung dan berhala–berhala itu tidak mempunyai suti andil pun dalam menciptakan dan menakdirkan langit dan bumi.

Tuhan yang telah menciptakan bumi dalam dua tahapan itu, yakni setahap di mana Dia menciptakan bumi itu padat setelah asalnya merupakan bola gas, dan tahapan berikutnya Dia menjadikan bumi itu menjadi 26 lapisan dalam 6 periode, sebagaimana diterangkan oleh para ahli geologi. Itulah Tuhan alam semesta, bukan semata–mata Tuhan bumi saja. Karena Dia-lah yang mengasuh makhluk seluruhnya. Jika Allah yang menciptakan bumi dalam dua tahap, maka Dialah yang mengetahui berapa bilangannya. Maka, bagaimanakah sesuatu dari makhluk–makhluk itu bisa menjadi tandingan dan sekutu bagi Allah.

Dan Dia menjadikan pada bumi itu gunung–gunung yang kokoh yang menjulang tinggi di atasnya, sedang pokoknya ada dalam tanah yaitu lapisan batu api. Dari lapisan inilah gunung–gunung muncul. Jadi, gunung–gunung itu pangkalnya jauh ada di dalam tanah, sama melewati semua lapisan hingga sampai ke lapisan yang pertama, yaitu lapisan batu api yang sekiranya tidak ada lapisan ini maka bumi ini takkan menjadi tanah dan tak bisa menjadi tempat tinggal.

Jadi bumi kita ini sebenarnya merupakan bola api yang dibungkus dengan lapisan batu api, kemudian di atasnya terdapat lapisan–lapisan yang lebih lembut, dan di sanalah terbentuknya binatang dan tumbuh–tumbuhan setelah melewati masa yang panjang. Gunung–gunung itu merupakan tonjolan–tonjolan yang muncul dari lapisan batu api tersebut, lalu menjulang tinggi di atasnya puluhan ribu kilometer, dan menjadi gudang–gudang air dan bahan–bahan mineral, di samping sebagai rambu–rambu jalan serta pengendali udara dan awan.

Dan Allah menjadikan gunung–gunung itu penuh berkah dengan banyaknya kekayaan di sana karena Allah menciptakan di sana bahan–bahan yang bermanfaat. Artinya, bahwa Allah menciptakan gunung–gunung di bumi sebagai pangkal aliran sungai dan gudang dari bahan–bahan mineral.

Sebagaimana firman Allah SWT dalam Al–Quran surah Fathir (35) ayat (27) yang berbunyi:

أَلَمْ تَرَ أَنَّ اللَّهَ أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ ثَمَرَاتٍ مُخْتَلِفًا أَلْوَانُهَا وَمِنَ الْجِبَالِ جُدَدٌ بَيْضٌ وَحُمْرٌ مُخْتَلِفٌ أَلْوَانُهَا وَغَرَابِيبُ سُودٍ

Terjemahnya:

Tidakkah kamu melihat bahwasanya Allah menurunkan hujan dari langit lalu Kami hasilkan dengan hujan itu buah–buahan yang beraneka macam jenisnya. dan di antara gunung–gunung itu ada garis–garis putih dan merah yang beraneka macam warnanya dan ada (pula) yang hitam pekat. (Departemen Agama Republik Indonesia, 2004).

Berdasarkan Tafsir Al–Misbah mengenai ayat Al–Quran di atas (QS. Fathir (35) Ayat 27) penafsiran ayat ini di mana ayat ini melanjutkan uraian tentang bukti–

bukti kuasa Allah SWT. Ia mengajak semua orang dengan menggunakan gaya pertanyaan untuk berpikir dan memerhatikan. Allah SWT berfirman: Wahai siapa pun yang mampu melihat dan berpikir! Tidakkah kamu telah melihat bahwa Allah lah yang menurunkan air hujan dari langit. Lalu dengan sebab air hujan itu, muncullah berbagai jenis buah-buahan, ada yang merah dan kuning, ada yang manis dan asam, dan ada yang baik dan buruk. Dan di antara gunung-gunung ada yang memiliki jalur-jalur dan garis-garis berwarna putih dan merah yang kejelasan dan keburamannya berbeda satu sama lain dan di antara gunung-gunung ada garis-garis putih dan merah yang beranekaragam warnanya. Kemukjizatan ayat ini dari segi ilmu pengetahuan sebenarnya bukan saja tampak ketika ia menyebutkan bahwa warna gunung yang bermacam-macam itu disebabkan adanya perbedaan materi-materi yang dikandung oleh bebatuan gunung-gunung itu. Jika materinya besi, maka warna dominannya adalah merah, jika materinya batubara maka warna dominannya hitam, jika materinya perunggu maka gunung tersebut berwarna kehijau-hijauan dan seterusnya. Tidak hanya sampai di situ, kemukjizatan ayat ini sebenarnya sangat menonjol ketika ia mengaitkan adanya berbagai jenis buah-buahan meskipun pepohonannya disiram dengan air yang sama, dengan penciptaan gunung-gunung yang beraneka warna merah, putih atau hitam meskipun juga berasal dari suatu materi yang sama di dalam perut bumi. Materi ini, oleh para geolog, dinamakan magma yang muncul di berbagai kawasan bumi. Akan tetapi, karena kemunculan magma itu dari kedalaman yang berbeda, maka kandungannya menjadi berbeda pula. Magma yang berproses dari kedalaman yang berbeda, pada akhirnya, mengkristal membentuk gundukan-

gundukan atau gunung-gunung yang beraneka ragam warna dan materinya (M.Quraish Shihab, 2009).

## 2.2 Sejarah Singkat PT. Semen Tonasa

PT. Semen Tonasa merupakan produsen semen terbesar di kawasan timur Indonesia yang menempati lahan seluas 715 hektar di Desa Biring Ere, Kecamatan Bungoro, Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan.

Berdasarkan keputusan MPRS No. II/MPRS/1960 tanggal 05 Desember 1960, ditetapkan untuk mendirikan pabrik semen di Sulawesi Selatan yang berlokasi di Desa Tonasa, Kecamatan Balocci, Kabupaten Pangkep, sekitar 54 km sebelah utara Makassar. Pabrik Semen Tonasa unit 1 merupakan proyek di bawah Departemen Perindustrian dan merupakan hasil kerja sama antara pemerintah Indonesia dengan Pemerintah Cekoslowakia yang dimulai sejak tahun 1960 dan diresmikan pada 02 November 1968. Pabrik ini menggunakan proses basah dengan kapasitas terpasang 110.000 ton semen/tahun. Pada tahun 1984, pabrik Semen Tonasa Unit 1 dihentikan pengoperasiannya karena dianggap tidak ekonomis lagi. Kantor pusat PT. Semen Tonasa dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Kantor Pusat PT. Semen Tonasa

### 2.3 Defenisi Batugamping

Batu kapur merupakan merupakan bagian dari batuan sedimen, yaitu batuan sedimen non-klastik yang terbentuk dari proses kimia atau proses biologi. Batu kapur disebut juga batugamping atau *limestone*. Kandungan utama batu kapur adalah mineral kalsium karnonat ( $\text{CaCO}_3$ ) yang terjadi akibat proses kimia dan organik. Secara umum mineral yang terkandung dalam batu kapur adalah kalsium karbonat kalsit sebesar 95%, dolomit sebanyak 3%, dan sisanya adalah mineral *clay* (Nurul Fitria, 2012).

Batu kapur (batugamping) merupakan bahan alam yang banyak terdapat di Indonesia. Batu kapur adalah batuan padat yang mengandung banyak kalsium karbonat (Lukman,dkk. 2012). Mineral karbonat yang umum ditemukan berasosiasi dengan batu kapur adalah *aragonite*, yang merupakan mineral metastable karena pada kurun waktu tertentu dapat berubah menjadi kalsit ( $\text{CaCO}_3$ ) (Jasruddin,dkk. 2015).

Batugamping yang kandungan utamanya  $\text{CaCO}_3$  yang pada dasarnya bewarna putih dan umumnya sering dijumpai pada batu kapur, kalsit, marmer, dan batugamping. Selain itu kalsium karbonat juga banyak dijumpai pada *staklaktit* dan *stalagmit* yang terdapat disekitar pegunungan (Mailinda Ayu,dkk. 2015).

### 2.4 Klasifikasi Batugamping

Batugamping termasuk batuan sedimen yang dapat dilihat pada gambar 2.2. Batugamping ini dapat diklasifikasikan salah satunya adalah klasifikasi Dunham yang membahas tentang pembagian batugamping. Klasifikasi Dunham (1962) ini dilihat secara megaskopis yang mana dia mengamati indikasi adanya pengendapan

batugamping yang ditunjukkan oleh tekstur hasil pengendapan yaitu *limemud* (nikrit) semakin sedikit nikrit semakin besar energi yang mempengaruhi pengendapannya.



Gambar 2.2 Batugamping

Klasifikasi Dunham (1962) ini didasarkan pada tekstur deposisi dari batugamping, karena menurut Dunham dalam sayatan tipis, tekstur deposisional merupakan aspek yang tetap. Kriteria dasar dari tekstur deposisi yang diambil Dunham (1962) berbeda dengan Folk.

Kriteria Dunham lebih condong pada pabrik batuan, misal *mud-supported* atau *grain-supported* bila dibandingkan dengan komposisi batuan. Variasi kelas-kelas dalam klasifikasi didasarkan pada perbandingan kandungan lumpur. Dari perbandingan lumpur tersebut dijumpai 5 klasifikasi Dunham (1962). Nama-nama tersebut dapat dikombinasikan dengan jenis butiran dan mineraloginya. Batugamping dengan kandungan beberapa butir (<10%) di dalam matriks lumpur karbonat disebut *mudstone* dan bila *mudstone* tersebut mengandung butiran yang tidak saling bersinggungan disebut *wackestone*. Lain halnya apabila antar butirannya saling bersinggungan disebut *packstone* atau *grainstone*.

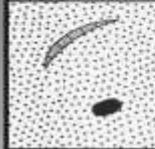
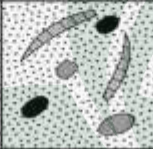
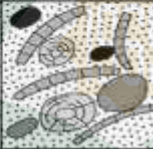

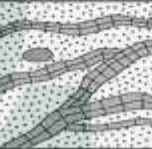
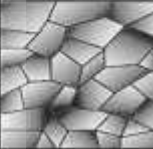
*Packstone* mempunyai tekstur *grain-supported* dan punya matriks *mud*. Dunham punya istilah *boundstone* untuk batugamping dengan pabrik yang



mengindikasikan asal-usul komponen-komponennya yang direkatkan bersama selama proses deposisi.

Klasifikasi Dunham (1962) punya kemudahan dan kesulitan. Kemudahannya tidak perlu menentukan jenis butiran dengan detail karena tidak menentukan dasar nama batuan. Kesulitannya adalah di dalam sayatan *petrography*, pabrik yang jadi dasar klasifikasi kadang tidak selalu terlihat jelas karena di dalam sayatan hanya memberi tampilan 2 dimensi, oleh karena itu harus dibayangkan bagaimana bentuk 3 dimensi batuanya agar tidak salah tafsir. Pada klasifikasi Dunham (1962) istilah-istilah yang muncul adalah *grain* dan *mud*. Nama-nama yang dipakai oleh Dunham berdasarkan atas hubungan antara butir seperti *mudstone*, *packstone*, *grainstone*, *wackestone* dan sebagainya. Istilah *sparit* digunakan dalam Folk (1959) dan Dunham (1962) memiliki arti yang sama yaitu sebagai semen dan sama-sama berasal dari presipitasi kimia tetapi arti waktu pembentukannya berbeda. *Sparit* pada klasifikasi Folk (1959) terbentuk bersamaan dengan proses deposisi sebagai pengisi pori-pori. *Sparit* (semen) menurut Dunham (1962) hadir setelah butiran terendapkan. Bila kehadiran *sparit* memiliki selang waktu, maka butiran akan ikut tersolusi sehingga dapat mengisi grain. Peristiwa ini disebut *post early diagenesis*. Dasar yang dipakai oleh Dunham untuk menentukan tingkat energi adalah pabrik batuan. Bila batuan bertekstur *mud-supported* diinterpretasikan terbentuk pada energi rendah karena Dunham beranggapan lumpur karbonat hanya terbentuk pada lingkungan berarus tenang. Sebaliknya *grain-supported* hanya terbentuk pada lingkungan dengan energi gelombang kuat sehingga hanya komponen butiran yang dapat mengendap. Berikut

adalah gambar 2.3 menunjukkan klasifikasi batuan karbonat berdasarkan tekstur pengendapan menurut Dunham (1962):

Depositional texture recognizable					Depositional texture not recognizable
Original components not bound together during deposition			Original components were bound together		
Contains mud (clay and fine silt-size carbonate)		Lacks mud and is grain supported			
Mud-supported	Grain-supported				
Less than 10% grains	More than 10% grains				
Mudstone	Wackestone	Packstone	Grainstone	Boundstone	Crystalline
					

Dunham, 1962

Dunham, 1962

Gambar 2.3 Klasifikasi batugamping menurut Dunham (1962)

Klasifikasi Dunham (1962) Batugamping terbagi atas :

#### 2.4.1 *Mud Stone*

Batuan ini termasuk dalam jenis batuan sedimen non-klastik dengan warna segar putih abu-abu dan warna lapuknya adalah putih kecokelatan. Batuan ini bertekstur non-klastik dengan komposisi kimia karbonat dan strukturnya pun tidak berlapis. Salah satu contoh dari batuan karbonat adalah *kalsilutit* (Grabau) atau *mudstone* (Dunham), Batuan ini mempunyai nama yang berbeda, karena dari klasifikasi yang digunakan dengan interpretasi yang berbeda, batuan ini dinamakan *kalsilutit*, karena batuan ini merupakan batuan karbonat dan menurut klasifikasi Dunham nama dari batuan ini adalah *mudstone*, karena batuan ini mempunyai kesan butiran kurang dari 10% dan pada batuan ini tidak ditemukan adanya fosil.

Tekstur dari batuan ini adalah non-kristalin, karena mineralnya penyusunnya tidak berbentuk kristal, dengan memperhatikan tekstur batuan ini dapat disimpulkan bahwa batuan ini terbentuk dari adanya pelarutan batuan asal yang merupakan material-material penyuplai terbentuknya batuan ini. Adapun batuan asal dari batuan ini adalah seperti pelarutan terumbu karang. Selain itu, proses keterbentukan batuan ini adalah pengerusan gamping yang telah ada misalnya penghancuran terumbu karang oleh gelombang atau dari pengendapan langsung secara kimia air laut yang melewati jenuh akan  $\text{CaCO}_3$ . Proses litifikasi dari batuan ini melibatkan pelarutan mineral-mineral karbonat yang stabil maupun yang tidak stabil, dalam pengertian luas diagnosa meliputi perubahan *mineralogy*, tekstur kemas dan geokimia sedimen dan temperatur serta tekanan yang rendah.

Litifikasi sedimen karbonat dapat terjadi pada sedimen yang tersingkap maupun yang masih berada di dalam laut, proses terbentuknya batuan ini berlangsung perlahan-lahan dan bertingkat-tingkat, di mana batas antara tingkatan tidak jelas, bahkan dapat saling melingkup, tingkatan tersebut adalah penyemenan, pelarutan pengendapan, perubahan *mineralogy* butir-butir dan rekristalisasi. Keterdapatannya batuan ini biasanya dapat ditemukan disekitar pinggiran pantai, adapun asosiasi dari batuan ini adalah batu pasir karbonatan dan *packstone*. Kegunaan dari batuan ini adalah sebagai *reservoir* dalam pencarian minyak bumi. Bentuk fisik batuan ini dapat dilihat pada gambar 2.4 berikut:

Gambar 2.4 *Mudstone*

#### 2.4.2 *Wackestone*

*Wackestone* adalah matriks yang didukung batuan karbonat yang mengandung lebih dari 10% *allochems* dalam matriks lumpur karbonat. Ini adalah bagian dari klasifikasi Dunham batuan karbonat. Dalam klasifikasi Folk, banyak digunakan deskripsi yang setara misalnya, *ooidmicrite*, di mana *allochems* yang dimaksud adalah *ooids* dan *peloids*. *Wackestone* merupakan lumpur didukung batugamping yang mengandung butiran karbonat lebih dari 10% (lebih besar dari 20 mikron) "mengambang" dalam matriks lumpur halus-halus kapur. berikut bentuk fisik batuan *wackstone* dapat dilihat pada gambar 2.5 berikut:

Gambar 2.5 *Wackstone*

#### 2.4.3 *Boundstone*

Merupakan hubungan antar komponen tertutup yang berhubungan dengan rapat (*oolite*). Karbonat batuan menunjukkan tanda–tanda terikat selama pengendapan

(Dunham, 1962). Embry dan Klovan (1972) lebih diperluas klasifikasi *boundstone* atas dasar kain dari *boundstone* tersebut. Tampilan fisik batuan ini dapat dilihat pada gambar 2.6. *Boundstone* merupakan batugamping yang terikat oleh ganggang, karang atau organisme uniseluler lainnya ketika dia terbentuk. *Boundstone* ditemukan di daerah sekitar terumbu karang, dan daerah yang terumbu karang 2,5 – 3 juta tahun lalu, tapi mungkin dikelilingi lahan kering. Tergantung pada cara bahan organik telah diatur dalam sedimen ketika batu itu terbentuk dan jenis bahan organik itu.



Gambar 2.6 *Boundstone*

*Boundstone* dapat diklasifikasikan sebagai *framestone*, *bindstone*, atau *bafflestone*. Mereka memiliki tiga subdivisi:

#### **2.4.3.1 *Framestone***

Organisme dari organik fosil, biasanya dalam karang laut, yang terjadi berdekatan dengan spons ini terikat oleh kerak mikroba dan pasir yang mengeras. Dan ruang antara bertahap diisi dengan pasir, sedimen dan kristal kalsit. Dalam waktu yang lama, air surut dan struktur itu terus menerus terkena udara dan penyemenan alami dari padat sedimen diawetkan sisa-sisa bahan organik sebagai fosil.

#### 2.4.3.2 *Bindstone*

Hasil organisme yang mengikat sedimen sehingga lepas bersama-sama, ditandai dengan adanya dispersi. Yang mengikat di *bindstone* pada umumnya adalah ganggang, yang bersama – sama dengan lapisan lumpur dan kalsit dengan besar pori-pori yang disebabkan oleh gelembung gas yang menjadi terperangkap dalam sedimen selama pembentukan *stromatolit*, berupa gundukan fosil alga berlapis dan sedimen, yang bentuk paling umum dari *bindstone*. *Bindstone* kebanyakan berorientasi secara vertikal. *Bindstone* merupakan jenis yang paling banyak ditemukan dari *boundstone*.

#### 2.4.3.3 *Bafflestone*

Terikat oleh sedimen berdinding tebal berupa karang berbentuk paralel sehingga hanya sedimen halus yang melewatinya. Akibatnya, komposisi *bafflestone*, selain karang fosil, sebagian besar pasir alami-semen dan lumpur. Pasir ini terdiri dari kalsit homogen dan lumpur terdiri dari campuran residu tertinggal setelah lumpur karbonat yang disaring. Struktur unik dari *bafflestone* dapat dilihat pada gambar 2.6 yaitu terbentuk pada dan disekitar koloni-vertikal tumbuh karang dan karena itu terbatas pada individu kecil.

#### 2.4.4 *Grainstone*

Merupakan hubungan antar komponen-komponen tanpa lumpur sehingga sering disebut batuan karbonat bebas lumpur yang didukung butir. Klasifikasi Dunham (1962) , batuan ini berasal : (1) *Grainstone* terbentuk pada kondisi energi yang tinggi, butiran-produktif lingkungan dimana lumpur tidak dapat terakumulasi, (2) terdapat pada arus yang putus butir dan melewati lumpur pada lingkungan.

*Grainstones* mempunyai tekstur berpori dan dikenal sebagai karbonat yang terdapat pada sekitar pantai. Batuan jenis ini ditampilkan pada gambar 2.7 berikut:



Gambar 2.7 *Grainstone*

#### 2.4.5 *Packstone*

Merupakan lumpur, tetapi yang banyak adalah betolit. Butir-butirnya didukung batuan karbonat berlumpur (Dunham, 1962). Lucia (1999) dibagi *packstones* ke dalam lumpur yang didominasi (ruang pori total dipenuhi lumpur) dan yang didominasi (beberapa ruang pori antar butir bebas dari lumpur) *packstones*. Divisi ini adalah penting dalam memahami kualitas *reservoir* karena lumpur plugs ruang partikel pori. *Packstones* menunjukkan berbagai sifat pengendapan. Lumpur menunjukkan proses energi yang lebih rendah sedangkan kelimpahan butir menunjukkan proses energi yang lebih tinggi. Menurut Dunham (1962) asal *packstones*: (1) *packstone* berasal dari *wackestones* dipadatkan, (2) berasal dari proses akibat dari infiltrasi lumpur awal atau akhir dari sebelumnya disimpan lumpur bebas sedimen, (3) terbentuk dalam air yang tenang atau (4) hasil pencampuran dari berbagai lapisan sedimen. Dimana butirnya yang sangat besar, Embry dan Klovan (1971) contohnya karbonat *rudstones*. Berikut tampilan fisik batuan jenis *packstone* dapat dilihat pada gambar 2.8 berikut:



Gambar 2.8 *Packstone*

#### 2.4.6 Kristalin

Batugamping kristalin merupakan salah satu jenis batuan sedimen, bahkan juga terbentuk dari kerangka *calcite* yang berasal dari organisme *microscopic* dilaut yang dangkal. Sehingga sebagian perlapisan batugamping hampir murni terdiri dari kalsit, dan pada perlapisan yang lain terdapat sejumlah kandungan *silt* atau *clay* yang membantu ketahanan dari batugamping tersebut terhadap cuaca. Sehingga lapisan yang gelap pada bagian atas batuan ini mengandung sejumlah besar fraksi dari silika yang terbentuk dari kerangka mikrofosil, sehingga di mana lapisan pada bagian ini lebih tahan terhadap cuaca (Academia, 2016).

#### 2.5 Kandungan Mineral Batugamping

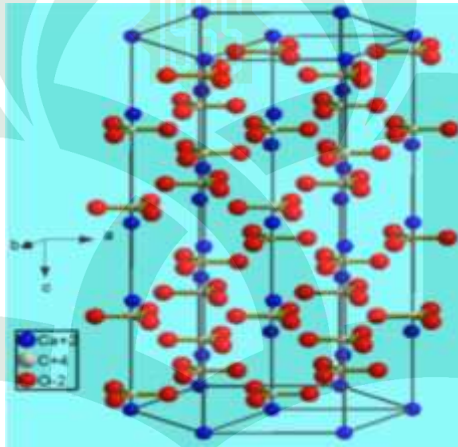
Seperti yang diketahui bahwa batugamping mengandung sebagian besar mineral kalsium karbonat yaitu sekitar 95%. Kandungan kalsium karbonat ini dapat diubah menjadi kalsium oksida dengan kalsinasi sehingga lebih mudah dimurnikan untuk mendapatkan kalsiumnya. Dengan cara ini, batugamping dapat dimanfaatkan dalam sektor kesehatan, yakni dalam aplikasi klinis untuk penelitian dibidang medis



dan untuk perkembangan dalam pembuatan biomaterial sehingga meningkatkan nilai ekonomis batugamping itu sendiri (Jasruddin,dkk. 2015).

## 2.6 Struktur Kristal Batugamping

Batugamping yang kandungan utamanya  $\text{CaCO}_3$  yang pada dasarnya berwarna putih dan umumnya sering dijumpai pada batu kapur, kalsit, marmer, dan batugamping. Selain itu kalsium karbonat juga banyak dijumpai pada stalaktit dan stalagmit yang terdapat di sekitar pegunungan.



Gambar 2.9 Struktur kristal  $\text{CaCO}_3$  (Mailinda,dkk. 2015)

$\text{CaCO}_3$  apabila ditambahkan air reaksinya akan berjalan dengan sangat kuat dan cepat apabila dalam bentuk serbuk, di mana serbuk kalsium akan melepaskan kalor. Molekul dari  $\text{CaCO}_3$  akan segera mengikat air ( $\text{H}_2\text{O}$ ) yang akan membentuk kalsium hidroksida, zat yang lunak seperti pasta (Mailinda,dkk. 2015).

## 2.7 Kegunaan Batugamping

Pada saat ini terjadinya kasus kerusakan tulang yang terjadi di dunia kedokteran semakin meningkat, hal inilah yang mendorong para ilmuwan untuk

melakukan penelitian untuk pembuatan tulang buatan. Saat ini yang paling mendekati sifat tulang dan gigi salah satunya adalah *Hydroxyapatite* ( $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ ) yang sering digunakan sebagai tulang buatan. Hidroksiapatit (HA) merupakan kelompok apatit yang paling sering digunakan di dunia medis sebagai tulang buatan karena sifatnya yang biokompatibel dan osteokonduktif. Proses pembuatan HA yang paling sering digunakan adalah dengan cara pengendapan dan hidrotermal. Hidroksiapatit dapat dibuat dengan menggunakan bahan dasar yang mengandung kalsium tinggi dan direaksikan dengan senyawa fosfat pada kondisi basa, di mana rasio antara Ca:P adalah 1,67. Batugamping yang cukup tinggi mengandung kalsium dapat digunakan sebagai bahan dasar dalam pembuatan *Hydroxyapatite* sehingga dapat meningkatkan manfaat dari batugamping (Mailinda,dkk. 2015).

Batugamping biasanya dimanfaatkan sebagai bahan timbunan pada area-area pembangunan. Hal ini dikarenakan daerah tersebut sebagian besar morfologinya merupakan morfologi dataran rendah dan berawa, sehingga perlu dilakukan penimbunan sebelum adanya pembangunan lebih lanjut (Bieve Marcho, 2013).

Selain penggunaan tersebut di atas, batugamping dapat digunakan untuk berbagai keperluan, bila kandungan mineral dan kadar unsur logam penyusunnya diketahui. Kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) yang berfasa kalsit, merupakan mineral utama penyusun batugamping.  $\text{CaCO}_3$  dapat digunakan sebagai bahan adiktif dalam pembuatan lem, plastik, karet, tinta, bahan campuran dalam pembuatan semen Portland. Unsur kalsium (Ca) dapat digunakan sebagai bahan untuk pasta gigi, obat-obatan, suplemen gizi, dan nutrisi tanaman (Ruslan Timpola, 2014).

## 2.8 Penambangan Batugamping

Penambangan bahan galian merupakan kegiatan dalam rangka penyediaan bahan baku untuk keperluan penambangan diselenggarakan. Maka dari itu usaha pertambangan tidak lepas dari pekerjaan-pekerjaan dalam mencari bahan tambang. Salah satu hal yang terpenting dalam pekerjaan pertambangan adalah perhitungan estimasi potensi tambang. Estimasi potensi tambang berperan penting dalam menentukan jumlah kualitas, kerja produksi, cara penambangan yang dilakukan, bahkan memperkirakan waktu yang dibutuhkan oleh perusahaan dalam melakukan usaha penambangan (Nurjannah, 2013).

Semen (*cement*) adalah hasil industri dari paduan bahan baku : batu kapur/batugamping sebagai bahan utama dan lempung/tanah liat atau bahan pengganti lainnya dengan hasil akhir berupa padatan berbentuk bubuk/*bulk*, tanpa memandang proses pembuatannya, yang mengeras atau membatu pada pencampuran dengan air. Batu kapur/batugamping adalah bahan alam yang mengandung senyawa calcium oksida ( $\text{CaO}$ ), sedangkan lempung/tanah liat adalah bahan alam yang mengandung senyawa : silika oksida ( $\text{SiO}_2$ ), aluminium oksida ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), besi oksida ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) dan magnesium oksida ( $\text{MgO}$ ). Untuk menghasilkan semen, bahan baku tersebut dibakar sampai meleleh, sebagian untuk membentuk *clinker* nya, yang kemudian dihancurkan dan ditambah dengan gips (*gypsum*) dalam jumlah yang sesuai (Natalino Mairuhu, 2013).

Pembuatan semen terdiri dari empat komponen penyusun, yaitu batu kapur dengan persen komposisi 70%, pasir besi dengan persen komposisi 10%, silika

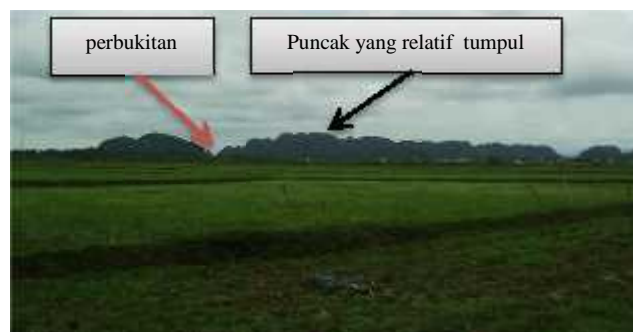
dengan persen komposisi 10% dan *clay* (tanah liat) dengan komposisi 10%. (Prasticia Chandra Dewi, 2011).

## 2.9 Tinjauan Geologi Daerah Penelitian

Geomorfologi daerah penelitian dibagi menjadi 3 satuan bentangalam (Sasmita J, 2009) berdasarkan atas pendekatan *morfografi*, *morfometri* dan *morfogenesis* yaitu :

### 2.9.1 Satuan Bentangalam Karst

Satuan bentangalam karst ini menempati sekitar 12,05% dari keseluruhan lokasi penelitian, dengan luas sekitar 9,90 Km<sup>2</sup>. Kemiringan lereng satuan ini yaitu 6°-8° dengan persentase sudut lereng sekitar (13-18)%, dan beda tinggi sekitar (90-115) meter. Relief berupa perbukitan bergelombang bentuk puncak relatif tumpul dan lembah antara perbukitannya relatif membentuk penampang berbentuk huruf “V” (gambar 2.10). Kenampakan morfologi karst berupa tekstur permukaan yang kasar, salah satu pencirinya dijumpai adanya goa (gambar 2.11) dan juga adanya *stalaktit*. Proses yang bekerja pada satuan bentangalam ini adalah proses pelarutan. Kenampakan langsung dilapangan memperlihatkan kondisi bukit-bukit kecil dalam jumlah banyak yang merupakan hasil dari pelarutan pada batugamping.



Gambar 2.10 Kenampakan bentangalam karst berupa perbukitan dan bentuk puncak relatif tumpul, difoto ke arah Timur Laut.

Jenis pelapukannya berupa pelapukan kimia dan fisika, di mana pelapukan fisika ditandai dengan adanya peretakan pada batuan penyusun daerah penelitian, tetapi tidak terjadi perubahan komposisi batuan. Sementara pelapukan kimia ditandai dengan adanya perubahan warna batuan, yang semula berwarna putih keabu-abuan menjadi berwarna coklat kehitaman. Tingkat pelapukannya tinggi, warna soil coklat tua sampai kehitaman dan jenis soil secara umum berupa residual soil yaitu soil yang terbentuk dari hasil lapukan batuan yang ada di bawahnya, dengan ketebalan soil sekitar 0,5 – 1 meter.

*Litologi* penyusun satuan bentangalam ini berupa batu gamping dengan warna soil coklat tua sampai kehitaman yang berasal dari hasil lapukan *litologi* tersebut. Vegetasinya relatif lebat berupa berbagai macam jenis pohon dan dimanfaatkan sebagai perkampungan, oleh penduduk setempat dimanfaatkan sebagai areal pertanian seperti persawahan dan tambak.



Gambar 2.11 Salah satu penciri satuan bentangalam karts yaitu goa, terlihat adanya stalaktit (panah merah).

Berdasarkan parameter di atas maka stadia daerah satuan bentangalam ini yaitu stadia dewasa.

### 2.9.2 Stratigrafi Daerah Penelitian

Daerah penelitian tersusun oleh batuan sedimen karbonat berupa batugamping serta endapan aluvial. Berdasarkan ciri litologinya, maka penamaan dan pembagian serta penentuan kelompok satuan batuan didasarkan atas *litostratigrafi* tidak resmi, dimana didasarkan atas keseragaman ciri fisik yang dapat diamati di lapangan yang meliputi jenis batuan, dominasi batuan, keseragaman ciri litologi, posisi stratigrafi dan hubungan antara satu batuan dengan batuan yang lain yang dapat dipetakan dalam skala 1 : 25.000, serta hubungan stratigrafi antar satuan batuan.

Satuan batugamping di daerah penelitian, yang menempati kurang lebih sekitar 60% dari luas keseluruhan daerah penelitian. Satuan ini di lapangan dengan mudah dapat dikenali dengan melihat stratigrafi regional daerah penelitian.

Pada daerah penelitian, satuan batugamping ini dijumpai dengan ciri-ciri fisik warna segar putih keabu-abuan, warna lapuk abu-abu kehitaman, tekstur *bioklastik*, ukuran butir dari butiran (*granule*) sampai halus, tersusun oleh mineral karbonat dan *foraminifera* besar dan kecil, struktur tidak berlapis, warna soil kecoklatan hingga kehitaman.

Pada satuan batugamping ini terdapat fosil berupa *foraminifera* kecil maupun *foraminifera* besar dan mineral karbonat yang dibedakan berdasarkan atas kenampakan mikroskopisnya. Berdasarkan kandungan *foraminifera* besarnya, maka

satuan ini termasuk dalam Formasi Tonasa yang memiliki umur Eosen Awal–Eosen Akhir.

### 2.9.3 Struktur Geologi Regional

Secara regional, daerah penelitian termasuk dalam peta geologi lembar Pangkajene dan Watampone bagian barat Sulawesi dengan skala 1:250.000 yang secara administratif terletak pada koordinat  $119^{\circ}5'00''$  –  $120^{\circ}45'00''$  BT dan  $4^{\circ}$  –  $5^{\circ}$  LS. Struktur geologi regional daerah penelitian menurut Sukanto (1982) bahwa pada akhir dari kegiatan gunung api pada Kala Miosen awal diikuti oleh kegiatan tektonik yang menyebabkan terjadinya permulaan terban Walanae. Terban Walanae ini memanjang dari utara ke selatan dengan sulawesi bagian barat di mana struktur sesar inilah yang mempengaruhi terhadap struktur geologi sekitarnya. Proses tektonik ini juga yang menyebabkan terbentuknya cekungan tempat pembentukan formasi Walanae. Peristiwa ini berlangsung sejak awal Miosen Tengah dan menurun perlahan selama proses sedimentasi hingga Kala Pliosen. Menurunnya Terban Walanae dibatasi oleh dua sistem sesar normal yaitu Sesar Walanae yang tersingkap di sebelah timur dan Sesar Soppeng yang tersingkap tidak menerus dibagian barat (Sukanto, 1982).

## 2.10 Uji Kualitatif Mineral dan Unsur Penyusun Batugamping

### 2.10.1 Defenisi Sinar-X

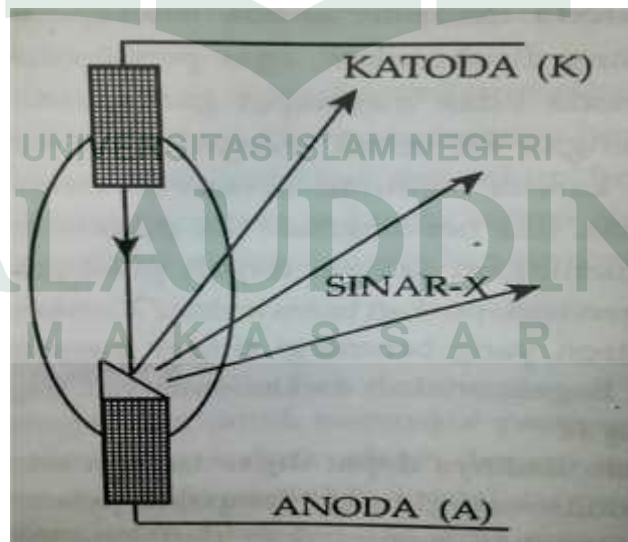
Sinar-X merupakan salah satu komponen *gem* berpanjang gelombang pendek. Sinar-X dihasilkan oleh transisi elektron kearah dasar (*ground state*) pada atom berat, misalnya pada atom *Zn* dan niobium. Terjadinya transisi itu disebabkan oleh



lowongnya elektron di kulit  $K$  karena ditembak oleh foton atau partikel dari luar (Bambang, 2010:276.).

Sinar-X atau sinar Roentgen ditemukan oleh W.C. Roentgen pada tahun 1895, yang tak lain ialah gelombang elektromagnetik yang panjang gelombangnya beberapa Angstrom saja ( $1\text{\AA}=10^{-10}\text{ m}$ ), yang pada hakikatnya diakibatkan oleh transisi tingkat tenaga yang bersangkutan dengan turunnya bilangan kuantum utama  $n$  pada atom-atom berat (Peter Soedjo, 2001:226).

Sinar-X terjadi apabila satu berkas elektron bebas berenergi kinetik tinggi mengenai logam. Biasanya permukaan logam dengan nomor atom  $Z$  yang tinggi. Tempat di mana berkas elektron itu menumbuk logam akan merupakan sumber sinar dengan daya tembus yang besar. Secara skematis pembangkitan sinar-X dapat dilihat pada gambar 2.12 berikut:



Gambar 2.12 Skema pembangkitan sinar-X



K adalah katoda yang dihubungkan dengan kutub negatif sumber tegangan tinggi. Katoda dipanaskan dengan menggunakan *filament* agar lebih mudah memancarkan elektron. A merupakan anoda yang terbuat dari logam berat. Anoda dihubungkan dengan kutub positif sumber tegangan tinggi. Beda potensial yang tinggi (beberapa kilo volt sampai dengan seratus kilo volt) menyebabkan sesampainya di anoda, elektron dipancarkan oleh katoda memiliki energi kinetik yang sangat besar. Elektron-elektron inilah yang dalam tumbukannya dengan anoda menimbulkan pancaran sinar-X oleh anoda (Yusman Wiyatmo, 2010: 58-59).

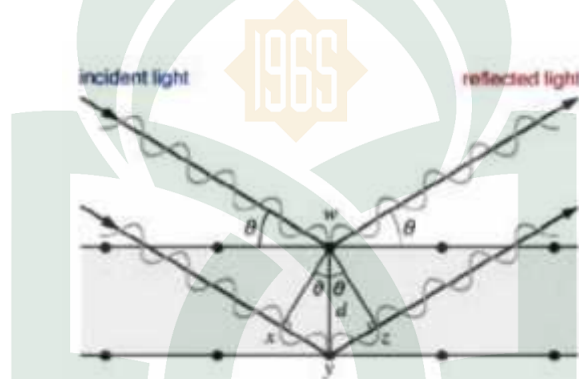
#### **2.10.2 X-Ray Diffraction (XRD)**

*X-Ray Diffraction* (XRD) merupakan salah satu metode pengujian material yang digunakan untuk identifikasi dan penentuan komposisi. Karakterisasi menggunakan metode difraksi merupakan metode analisa yang penting untuk menganalisa suatu Kristal. Komponen utama XRD yaitu terdiri dari tabung katoda (tempat terbentuknya sinar-X), sampel *holder* dan *detector*. Sinar-X dihasilkan melalui tabung tembaga dengan komponen lain berupa *cooler* yang digunakan untuk mendinginkan dan seperangkat computer dan CPU (Asyiah, 2015).

Prinsip dasar XRD adalah mendifraksi cahaya yang melalui celah kristal. difraksi cahaya oleh kisi-kisi atau kristal ini dapat terjadi apabila difraksi tersebut berasal dari radius yang memiliki panjang gelombang yang setara dengan jarak antar atom, yaitu sekitar 1 Angstrom (Sholeh Nura, 2015).

Ketika suatu material dikenai sinar-X, maka intensitas sinar yang ditransmisikan lebih rendah dari intensitas sinar datang. Hal ini disebabkan adanya

penyerapan oleh material dan juga penghamburan oleh atom-atom dalam material tersebut. Berkas sinar monokromatik yang jatuh pada sebuah kristal akan dihamburkan ke segala arah, namun karena keteraturan letak atom-atom penyusunnya, maka pada arah tertentu gelombang hambur tersebut akan berinterferensi konstruktif sedangkan yang lain akan berinterferensi destruktif. Berkas sinar-X yang saling menguatkan itulah yang disebut sebagai berkas difraksi (Vinda, 2014).



Gambar 2.13 Difraksi sinar – X pada bidang atom (Munasir, dkk. 2012)

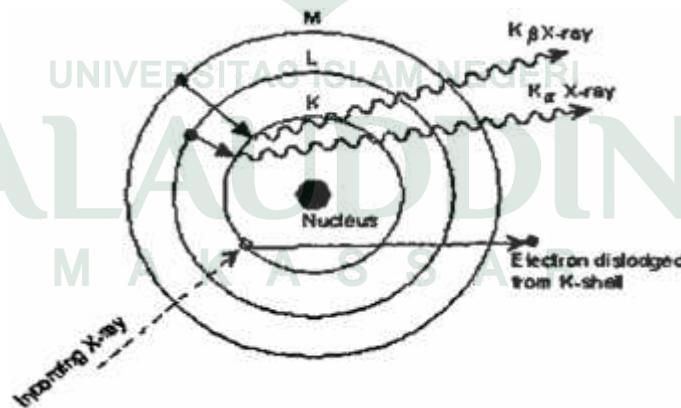
Berdasarkan gambar 2.13 dapat dideskripsikan sebagai berikut. Sinar datang yang menumbuk pada titik pada bidang pertama dan dihamburkan oleh atom W. sinar datang yang kedua menumbuk bidang berikutnya dan dihamburkan oleh atom Y, sinar ini menempuh jarak  $AY + YZ$  bila dua sinar tersebut paralel dan satu fasa maka akan saling menguatkan (Sholeh Nura, 2015).

### 2.10.3 X-Ray Fluorescence (XRF)

*X-Ray Fluorescence* (XRF) merupakan instrumen yang digunakan untuk menganalisis komposisi kimia beserta konsentrasi unsur-unsur yang terkandung

dalam suatu sampel dengan menggunakan metode spektrometri. XRF biasanya digunakan untuk menganalisa elemen dengan kemampuan yang unik antara lain dapat menentukan elemen utama dengan akurasi yang tinggi dan analisis kualitatif terhadap sampel dilakukan tanpa menggunakan standar serta minimalnya preparasi terhadap sampel (Sholeh Nura, 2015).

Prinsip kerja XRF adalah foton yang memiliki energi tinggi (*X-Rays*) menembak elektron pada kulit dalam (biasanya kulit K atau L) yang menyebabkan elektron tersebut berpindah ke lapisan kulit luarnya (gambar 2.14). Pada saat yang bersamaan, kulit dalam terjadi kekosongan elektron dan menyebabkan keadaan yang tidak stabil sehingga elektron dari kulit di atasnya berpindah mengisi kekosongan dengan mengemisikan sinar (*fluorescence*) dengan energi sebesar perbedaan energi dari kedua keadaan dan panjang gelombang yang sesuai dengan karakteristik dari setiap elemen.



Gambar 2.14 Prinsip kerja XRF (Sholeh Nura, 2015)

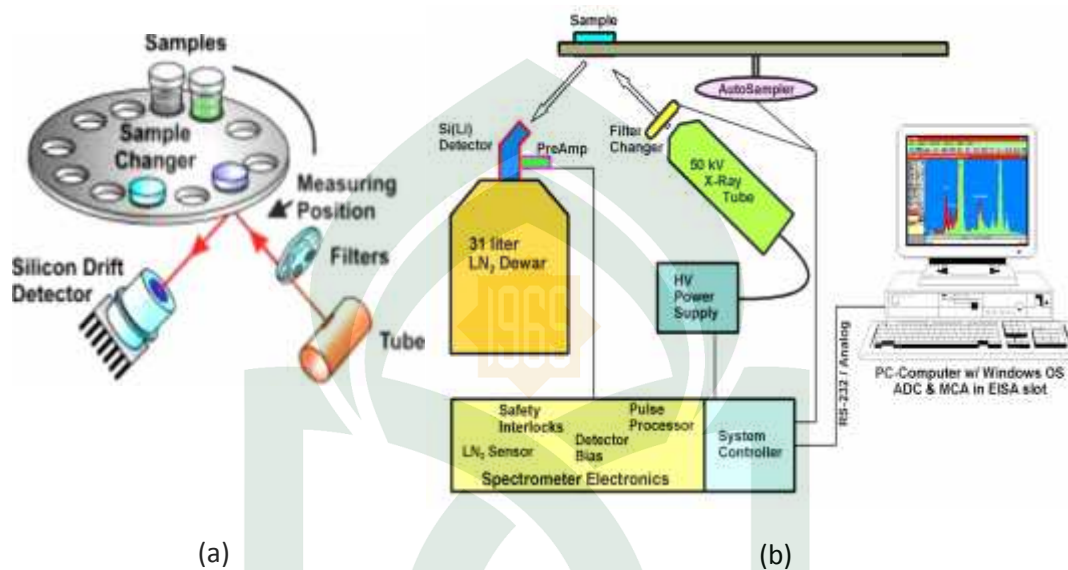
Analisis menggunakan XRF dilakukan berdasarkan identifikasi dan pencacahan karakteristik sinar-X yang terjadi dari peristiwa efek fotolistrik. Efek

fotolistrik terjadi karena elektron dalam atom target (sampel) terkena berkas berenergi tinggi (radiasi gamma, sinar-X). Bila energi sinar tersebut lebih tinggi dari pada energi ikat elektron dalam orbit K, L, atau M atom target, maka elektron atom target akan keluar dari orbitnya. Dengan demikian atom target akan mengalami kekosongan elektron. Kekosongan elektron ini akan diisi oleh elektron dari orbital yang lebih luar diikuti pelepasan energi yang berupa sinar-X. Skematik proses identifikasi dengan XRF tampak pada gambar 2.15 (b).

Sinar-X yang dihasilkan merupakan gabungan spektrum sinambung dan spektrum berenergi tertentu (*discreet*) yang berasal bahan sasaran yang tertumbuk elektron. Jenis spektrum *discreet* yang terjadi tergantung pada perpindahan elektron yang terjadi dalam atom bahan. Spektrum ini dikenal dengan spektrum sinar-X karakteristik. Spektrometri XRF memanfaatkan sinar-X yang dipancarkan oleh bahan yang selanjutnya ditangkap detektor untuk dianalisis kandungan unsur dalam bahan. Bahan yang dianalisis dapat berupa padat massif, pelet, maupun serbuk. Analisis unsur dilakukan secara kualitatif maupun kuantitatif. Analisis kualitatif menganalisis jenis unsur yang terkandung dalam bahan dan analisis kuantitatif dilakukan untuk menentukan konsentrasi unsur dalam bahan. Sinar-X yang dihasilkan dari peristiwa seperti peristiwa tersebut di atas ditangkap oleh detektor semikonduktor *Silikon Litium* (SiLi).

Pada dasarnya prinsip kerja dari spektrometri pendar sinar-X adalah sinar-X primer yang berasal dari sumber pengeksitasi/radioisotop ditembakkan terhadap cuplikan (gambar 2.15 (a)). Pancaran radiasi sinar-X tersebut akan berinteraksi

dengan cuplikan dalam proses efek fotolistrik. Proses interaksi tersebut akan menghasilkan pendaran sinar-X sekunder dari cuplikan, yang ditangkap oleh detektor kemudian dianalisis.



Gambar 2.15 (a) Prinsip kerja XRF dan (b) Skema cara kerja alat XRF

Sinar-X sekunder yang dipancarkan oleh cuplikan akan ditangkap oleh detektor. Sinar-X tersebut oleh detektor akan diubah menjadi pulsa listrik. Pulsa-pulsa listrik kemudian akan diperkuat oleh *preamplifier* dan *amplifier*, dan diteruskan ke sistem analisator salur ganda (MCA). Pulsa listrik kemudian dicacah oleh analisator salur ganda dan ditampilkan dalam bentuk puncak-puncak spektra sinar-X. Tinggi rendah puncak spektra sinar-X memiliki karakteristik energi tertentu yang berbeda satu sama lain (Mulyono,dkk. 2012).

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 7 Agustus – 31 September 2017 sedangkan tempat penelitian ini yaitu bertempat di *Quarry* Batu Kapur PT Semen Tonasa, Laboratorium *Quality Control* Tonasa II/III, Laboratorium *Quality Control* Tonasa IV, Laboratorium *Quality Control* Tonasa V, Laboratorium *Quality Assurance* Tonasa II/III, dan Laboratorium *X-Ray Fluorescence* (XRF) dan *X-Ray Diffraction* (XRD) Gedung *Science Building* Fakultas MIPA Universitas Hasanuddin Makassar .

#### **3.2 Alat dan Bahan**

##### **3.2.1 Alat dan Bahan yang digunakan di Tambang *Quarry* Batu Kapur PT**

##### **Semen Tonasa**

Alat dan bahan yang digunakan di Tambang yaitu sebagai berikut:

1. Kantong sampel berfungsi sebagai tempat atau wadah dari sampel batugamping yang diambil di lokasi tambang.
2. Alat tulis (pulpen) berfungsi untuk mencatat kode sampel dari batugamping.
3. Kertas berfungsi sebagai tempat untuk mencatat kode sampel dari batugamping.
4. Papan *clip board* berfungsi sebagai media penyangga kertas pada saat pencatatan kode sampel dan pengamatan sifat fisik batugamping.

5. HP/Camera berfungsi untuk mengambil gambar sampel dan kode sampel.
6. Peta lokasi *Quarry* Batu Kapur berfungsi sebagai penunjuk lokasi pengambilan sampel.

### **3.2.2 Alat dan Bahan yang digunakan di Laboratorium *Quality Control***

#### **Tonasa II/III**

Alat dan bahan yang digunakan di Laboratorium *Quality Control* Tonasa II/III yaitu sebagai berikut:

1. *Geocrusher* berfungsi untuk memecah sampel batugamping dengan ukuran kurang lebih 1 cm.
2. Alat penghomogen sampel digunakan untuk meratakan sampel batugamping dari yang ukuran halus sampai ke bagian yang paling kasar.

### **3.2.3 Alat dan Bahan yang digunakan di Laboratorium *Quality Control* Tonasa IV dan Tonasa V**

Alat dan bahan yang digunakan di Laboratorium *Quality Control* Tonasa IV dan Tonasa V yaitu sebagai berikut:

1. Komponen alat XRD yang berfungsi untuk menganalisis komposisi atau kandungan mineral dari sampel batugamping.
2. Komponen alat XRF yang berfungsi untuk menganalisis kandungan unsur dari sampel batugamping.
3. Komputer dengan *software OXSAS* dan *software Search Match* digunakan sebagai perangkat pengolah data sekaligus pengontrol alat XRF dan XRD
4. *Hot plate* berfungsi untuk mengeringkan sampel batugamping.

5. *Oven* listrik berfungsi untuk mengeringkan dan mendeteksi kandungan  $H_2O$  dari sampel batugamping.
6. *Disk mill* digunakan untuk menghaluskan sampel batugamping dengan ukuran 50 mikron.
7. *Swing mill* digunakan untuk menghaluskan sampel batugamping dengan ukuran 40 mikron.
8. *Automatic press* digunakan untuk mencetak sampel batugamping kedalam *ring* (cincin press).
9. *Neraca digital* berfungsi untuk menimbang sampel batugamping sebanyak 9 gram.
10. *Grinding aid (Borat)* berfungsi sebagai bahan perekat yang ditambahkan kedalam sampel agar rekatan sampel lebih keras ketika dipress melalui *automatic press*.
11. *Grinding vessel* digunakan sebagai media penggilingan sampel batugamping pada mesin *swing mill*.
12. *Ring/cincin* sampel sebagai media cetak sampel batugamping.
13. Gegep atau penjepit *crusible* berfungsi untuk mengambil sampel dari *hot plate* dan *oven* setelah proses pengeringan sampel telah selesai.



### **3.2.4 Alat dan Bahan yang digunakan di Laboratorim *Quality Assurance***

#### **Tonasa II/III**

Alat dan bahan yang digunakan di Laboratorium *Quality Assurance* Tonasa II/III yaitu sebagai berikut:

1. Komponen alat pengukur *Hardgroove Grindability Index* (HGI) berfungsi untuk mengukur kekerasan sampel batugamping.
2. *Neraca digital* berfungsi untuk menimbang sampel batugamping sebanyak 50 gram.
3. *Jaw Crusher* berfungsi untuk memecah sampel batugamping dengan ukuran antara 100 micron sampai 5 mm.
4. Alat penyaring berfungsi untuk menyaring sampel batugamping untuk memisahkan bagian yang halus dan kasar.

### **3.2.5 Alat dan Bahan yang digunakan di Laboratorim XRD dan XRF Gedung**

#### ***Science Building* Fakultas MIPA Universitas Hasanuddin Makassar**

Alat dan bahan yang digunakan di Laboratorium XRD dan XRF gedung *Science Building* fakultas MIPA Universitas Hasanuddin yaitu sebagai berikut:

1. Komputer dengan *software Search Match* digunakan sebagai perangkat pengolah data sekaligus pengontrol alat XRD.
2. Komponen alat XRD yang berfungsi untuk menganalisis komposisi atau kandungan mineral dari sampel batugamping.

### 3.3. Metode Pengumpulan Data

Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Metode Observasi dilakukan dengan cara tinjauan langsung ke lokasi pengambilan sampel dan laboratorium pengolahan sampel.
2. Metode Eksperimen dengan cara menganalisis sampel pada laboratorium *Quality Control* dengan komponen alat XRD dan XRF.

### 3.4. Prosedur Kerja dan Teknik Pengolahan Data

#### 3.4.1 Prosedur Kerja di *Quarry* Batu Kapur PT. Semen Tonasa

1. Melakukan observasi pada lokasi pengambilan sampel.
2. Menentukan lokasi pengambilan sampel batugamping dengan panduan dari peta lokasi.
3. Mengambil sampel batugamping di *Quarry* Batu kapur PT. Semen Tonasa pada setiap blok yang telah ditentukan.
4. Mengamati sifat fisik dan mencatat kode sampel batugamping yang telah diambil dari lokasi pengambilan sampel batugamping.
5. Mengambil gambar sampel batugamping beserta kodenya.
6. Mengangkat atau membawa sampel batugamping yang diambil kemudian menyimpan di laboratorium *Quality Control* untuk pengolahan selanjutnya.

#### 3.4.2 Prosedur Kerja di Laboratorium *Quality Control* Tonasa II/III

1. Memperkecil ukuran sampel batugamping dengan menggunakan alat *geocrusher* dengan ukuran  $\pm 1$  cm.



Gambar 3.1 Proses penggilingan sampel batugamping dengan menggunakan alat *geocrusher*

2. Meratakan sampel batugamping dari ukuran yang halus sampai ukuran yang paling kasar dengan alat penghomogen sampel.

#### 3.4.3 Prosedur Kerja di Laboratorium *Quality Control* Tonasa IV

1. Mengeringkan sampel batugamping sebanyak  $\pm 100$  gram melalui alat *hot plate* (*oven*) untuk menghilangkan kandungan  $H_2O$  dari sampel batugamping.



Gambar 3.2 Proses pengeringan sampel pada *Oven* untuk menghilangkan kandungan air dari sampel batugamping

2. Menggiling sampel batugamping hingga pada ukuran 50 mikron dengan menggunakan alat *disk mill*.



Gambar 3.3 Proses penggilingan sampel batugamping pada mesin *disk mill*

3. Menimbang sampel sebanyak 9 gram dengan menggunakan alat *neraca digital* lalu menambahkan 3 butir *grinding aid* kemudian menuang ke dalam wadah *grinding vessel*.



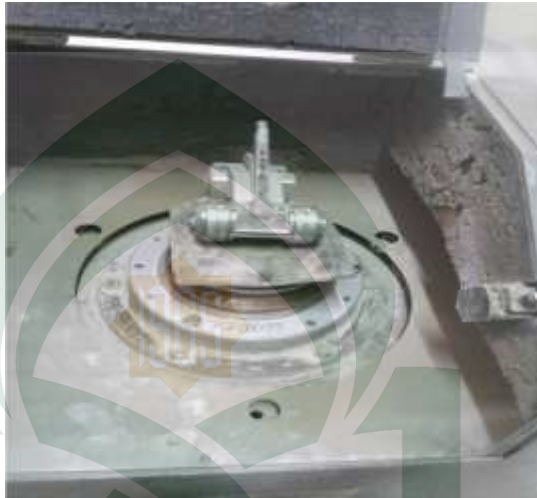
a



b

Gambar 3.4 (a) Menimbang sampel sebanyak 9 gram dan (b) Menuangkan sampel yang telah ditimbang ke dalam *grinding vessel*

4. Menggiling sampel batugamping hingga berukuran 40 mikron dengan memasukkan *grinding vessel* ke dalam *swing mill* kemudian merapatkan penutup alat dan menekan tombol start.



Gambar 3.5 Proses penggilingan sampel pada mesin *swing mill*

5. Mencetak sampel batugamping dengan menggunakan alat *press automatic* dengan menekan tombol start.



Gambar 3.6 Proses pencetakan sampel batugamping pada alat *automatic press*

6. Menganalisis sampel batugamping pada mesin XRF dengan *software Oxsas* yang dikontrol oleh komputer untuk mengetahui kandungan unsur yang terkandung dalam sampel batugamping.



Gambar 3.7 (a) Alat XRF dan (b) Tempat peletakan sampel pada alat XRF



Gambar 3.8 (a) Tampilan menu utama *software oxsas* dan (b) Daftar kandungan oksida yang akan ditampilkan oleh *software oxsas* dari sampel batugamping hasil analisis alat XRF

#### 3.4.4 Prosedur Kerja di Laboratorium *Quality Control* Tonasa V

1. Mengeringkan sampel batugamping sebanyak  $\pm 100$  gram dengan menggunakan alat *hot plate (oven)* untuk menghilangkan kandungan  $H_2O$  dari sampel batugamping.
2. Menggiling sampel batugamping hingga pada ukuran 50 mikron dengan menggunakan alat *disk mill*.
3. Menimbang sampel sebanyak 9 gram dengan menggunakan alat *neraca digital* lalu ditambahkan 3 butir *grinding aid* kemudian dituang ke dalam wadah *grinding vessel*.
4. Menggiling sampel batugamping hingga pada ukuran 40 mikron dengan memasukkan *grinding vessel* ke dalam *swing mill*.
5. Mencetak sampel batugamping dengan menggunakan alat *press automatic*.
6. Menganalisis sampel batugamping pada mesin XRD dengan software *Oxas* untuk mengetahui komposisi atau kandungan mineral yang terkandung di dalam sampel batugamping.



Gambar 3.9 Alat XRD



### 3.4.5 Prosedur Kerja di Laboratorium *Quality Assurance* Tonasa II/III

1. Memecah sampel batugamping dengan ukuran 100 mikron sampai 5 mm dengan menggunakan alat *Jaw Crusher*.



Gambar 3.10 (a) Alat *Jaw Crusher* dan (b) Hasil penggilingan sampel batugamping dengan menggunakan alat *Jaw crusher*

2. Mengayak/menyaring sampel yang telah dipecah dengan menggunakan alat penyaring kemudian mengambil bagian yang kasar dengan ukuran antara 1 mm – 5 mm



Gambar 3.11 Alat penyaring/pengayak sampel dengan ukuran antara 1 mm – 5 mm



3. Menimbang sampel batugamping sebanyak 50 gram dengan menggunakan neraca digital kemudian mencatat hasil timbangan sampel.



Gambar 3.12 Proses menimbang sampel batugamping pada neraca digital sebanyak 50 gram

4. Menuang sampel yang telah ditimbang ke dalam wadah alat pengukur *Hardgroove Grindability Index* untuk mengetahui nilai HGI dari sampel batugamping.



Gambar 3.13 Wadah alat ukur *Hardgroove Grindability Index*

5. Memasang wadah yang telah diisi sampel batugamping pada bagian bawah alat *Hardgroove Grindability Index*.



Gambar 3.14 Pemasangan wadah alat ukur *Hardgroove Grindability Index*

6. Menyalakan alat *Hardgroove Grindability Index* dengan menekan tombol *power* lalu tombol *start* kemudian menunggu hingga proses analisis alat selesai.



Gambar 3.15 Proses penggilingan sampel batugamping pada alat ukur *Hardgroove Grindability Index*

7. Mengambil sampel dari dalam wadah alat *Hardgroove Grindability Index* lalu menuangkan ke alat penyaring sampel.



Gambar 3.16 Hasil penggilingan sampel batugamping pada alat ukur *Hardgroove Grindability Index*

8. Menyaring/mengayak sampel menggunakan alat penyaring hingga bagian yang halus dan kasar terpisah.



a



b

Gambar 3.17 (a) Proses pengayakan sampel batugamping dan (b) Hasil ayakan yang lolos (75 mikron) dari alat penyaring

9. Mengambil bagian sampel yang lolos ayakan dengan ukuran 75 mikron kemudian menimbang pada *neraca digital* dan mencatat hasil timbangannya.



Gambar 3.18 Proses menimbang sampel batugamping yang lolos ayakan dengan ukuran 75 mikron

10. Mencatat nilai *Hardgroove Grindability Index* dengan mencocokkan hasil timbangan dengan tabel nilai *Hardgroove Grindability Index*.

STAGE	TIME	LOCUS OF THE	WAVE
2.48	81	1.77	41
2.28	85	1.58	48
2.83	89	1.77	55
3.58	93	1.58	62
4.27	98	1.47	71
5.58	103	1.38	83
6.27	111	1.27	94
7.93	112	1.13	105
8.13	115	1.10	116
8.13	114	1.14	127
8.51	112	1.08	138
9.70	116	1.17	149

Gambar 3. 19 Tabel nilai *Hardgroove Grindability Index* untuk sampel yang lolos ayakan dengan ukuran 75 mikron

### **3.4.6 Prosedur Kerja di Laboratorium di Laboratorim XRD dan XRF Gedung**

#### ***Science Building Fakultas MIPA Universitas Hasanuddin***

1. Menghidupkan air pendingin
2. Mengaktifkan *stabilizer*
3. Mengaktifkan atau menekan tombol “UP” selama kurang lebih 5 detik hingga terdengar suara bip
4. Menghidupkan XRD
5. Menghidupkan *CPU*
6. Double klik XRD 7000
7. Mengklik display dan setup
8. Mengatur kalibrasi alat dengan memasukkan nilai theta dan klik XG control
9. Mengecek tegangan alat yaitu 20 kv dan 2 mA untuk arusnya.
10. Memberi nama file dan mengatur tanggal file yang akan disimpan
11. Memasang sampel ke pemegang sampel
12. Mengklik tombol “start”
13. Proses analisis kandungan mineral oleh alat XRD akan berlangsung secara otomatis
14. Setelah selesai menyimpan file/data hasil XRD pada komputer
15. Mengulangi langkah 10 sampai 12 diatas untuk sampel yang lain.

### **3.4.7 Teknik Pengolahan Data dengan Menggunakan *Software Search – Match***

1. Menghidupkan komputer yang telah diinstallkan *software search – match*

2. Click start kemudian mencari Match! 2 atau double click ikon match pada dekstop komputer.



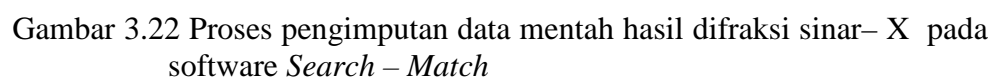
Gambar 3.20 Proses awal membuka software *Search – Match*

3. Setelah tampilan awal software *Search – Match* terbuka, maka langkah selanjutnya yaitu menambahkan file dokumen atau data hasil difraksi sinar- X yang telah tersimpan dalam komputer dengan cara mengklik ikon (+) pada tampilan utama software *Search – Match* (lihat ikon yang ditunjuk anak panah berwarna merah).

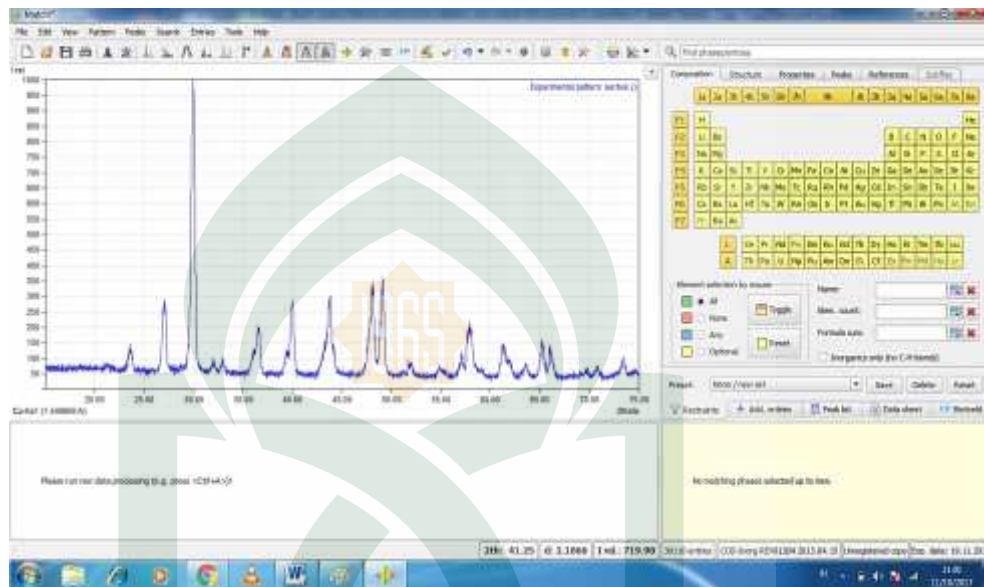




- 
- A screenshot of a Windows XP desktop environment. A window titled "Please select the file you would like to open:\r\n\r\n" is active, displaying the contents of a removable disk labeled "GALIED LAKAR". The window shows several files with names starting with "DOKUMEN" followed by numbers or letters. The background features a large watermark reading "UNIVERSITAS ISLAM NEGERI ALAUDDIN MAKASSARA".



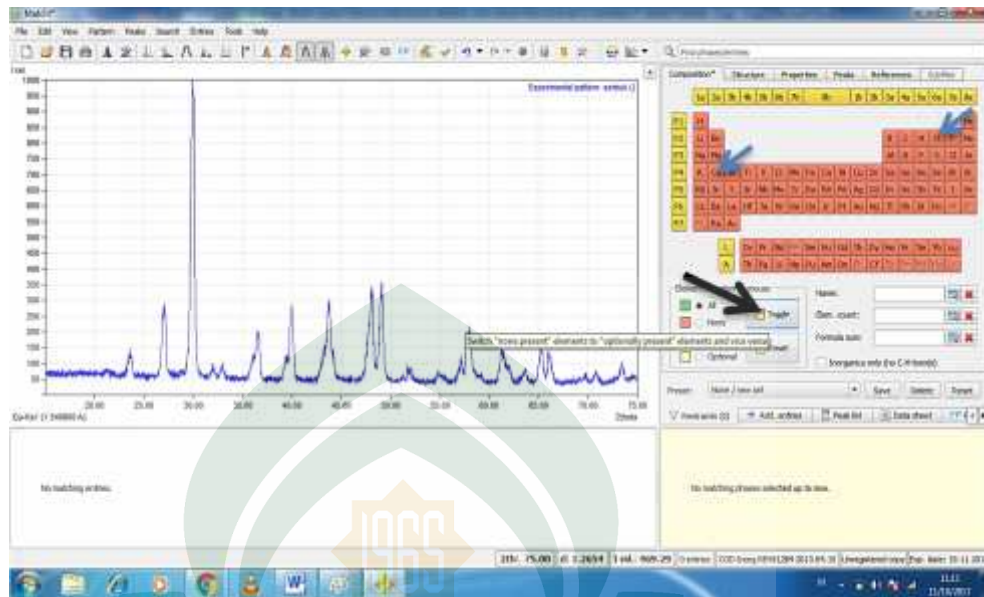
5. Setelah proses pengimputan data hasil difraksi sinar – X ke dalam *software Search – Match*, maka langkah selanjutnya yaitu mengatur tampilan grafik sesuai yang kita inginkan.



Gambar 3.23 Tampilan hasil grafik difraksi sinar– X pada *software Search – Match* sesuai keinginan

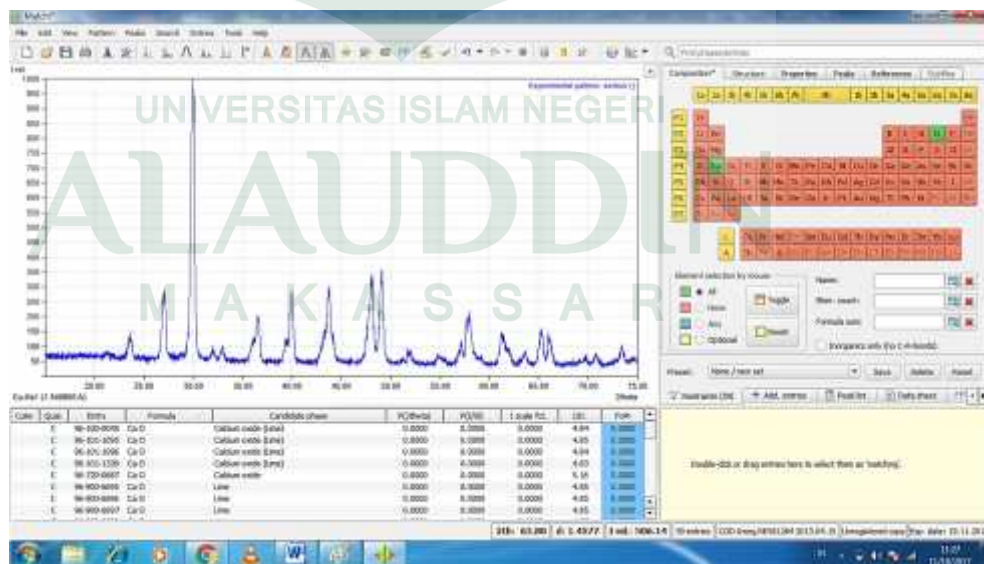
6. Setelah mengatur tampilan grafik sudah selesai maka langkah selanjutnya yaitu mencari mineral – mineral yang terkandung pada material yang telah diuji pada mesin XRD dengan cara mengklik tombol “TOGGLE (anak panah warna hitam)” kemudian mengklik unsur – unsur yang terdapat pada *software Search – Match* misalkan mengklik unsur Ca dan O (anak panah warna biru).





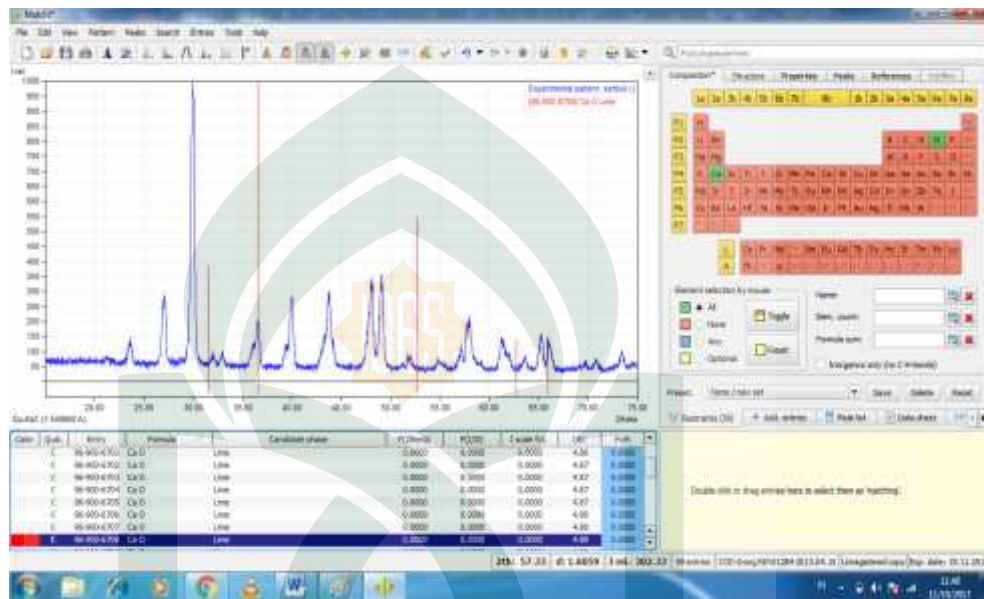
Gambar 3.24 Proses pencarian kandungan mineral dari material hasil uji difraksi sinar - X pada software *Search – Match*

7. Setelah memilih unsur – unsur yang ingin dicari maka akan tampil hasil pencarian dari *software search – match* pada bagian bawah grafik pada tampilan *software search – match*.



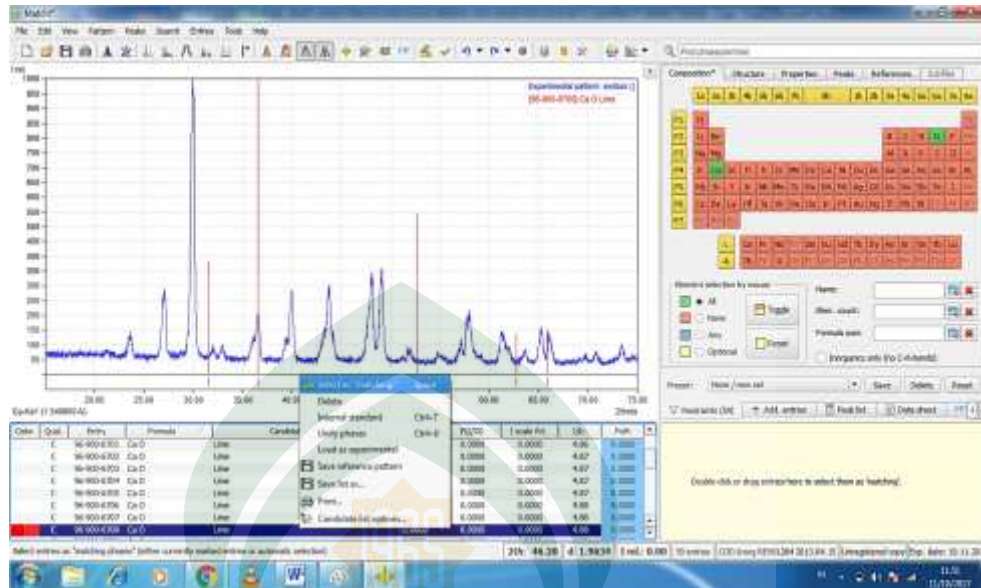
Gambar 3.25 Daftar hasil pencarian mineral CaO yang terkandung dari material hasil uji difraksi sinar - X pada software *Search – Match*

8. Memilih mineral CaO yang ada dengan cara mencocokkan garis tegak lurus dengan puncak grafik sebagai nilai puncak untuk mineral CaO pada grafik hasil difraksi sinar – X pada software *Search – Match*.



Gambar 3.26 Mineral CaO yang cocok dengan puncak grafik dari material hasil uji difraksi sinar – X pada software *Search – Match*

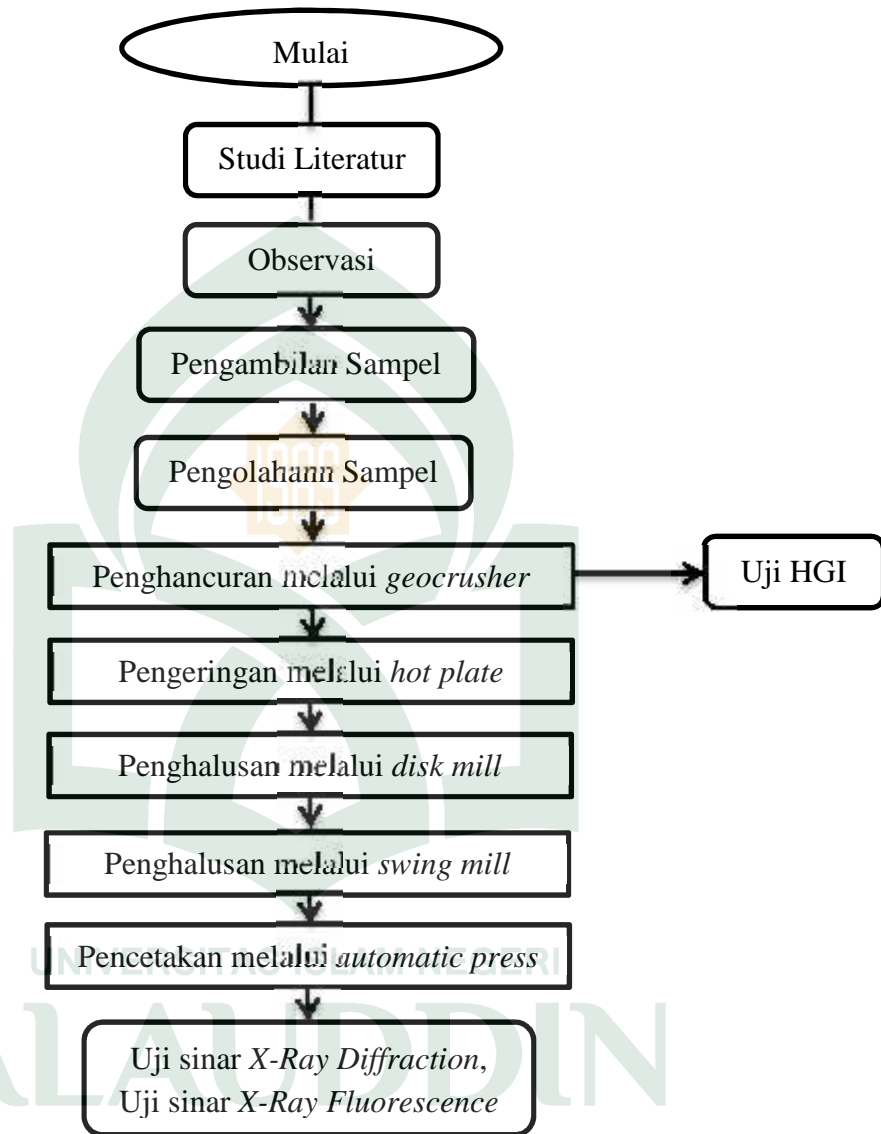
9. Setelah mendapatkan mineral CaO yang cocok dengan puncak grafik pada software *Search – Match*, maka memilih mineral CaO tersebut dengan cara klik kanan pada mineral CaO yang akan dipilih kemudian memilih “select as matching space”, maka data mineral CaO akan tersimpan pada grafik hasil difraksi sinar – X pada software *Search – Match*.



Gambar 3.27 Proses penyimpanan data mineral CaO dengan puncak grafik dari material hasil uji difraksi sinar – X pada *software Search – Match*

10. Setelah proses penyimpanan data CaO telah selesai maka yang dilakukan yaitu mencari mineral – mineral lain yang terkandung dalam material hasil uji difraksi sinar – X pada *software Search – Match* dengan cara mengklik tombol “RESET” pada bagian bawah tombol “TOGGLE” , kemudian mengulangi langkah 6 – 10 diatas untuk mencari mineral –mineral yang terkandung dalam material hasil uji difraksi sinar – X seperti MgO, SiO<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>O, SO<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan lain – lain.
11. Setelah pencarian semua mineral – mineral yang terkandung telah selesai maka langkah selanjutnya yaitu menyimpan file dengan cara klik menu file pada sudut kiri atas kemudian pilih save as lalu pilih lokasi penyimpanan pada komputer sesuai dengan keinginan.

### 3.5. Bagan Alir



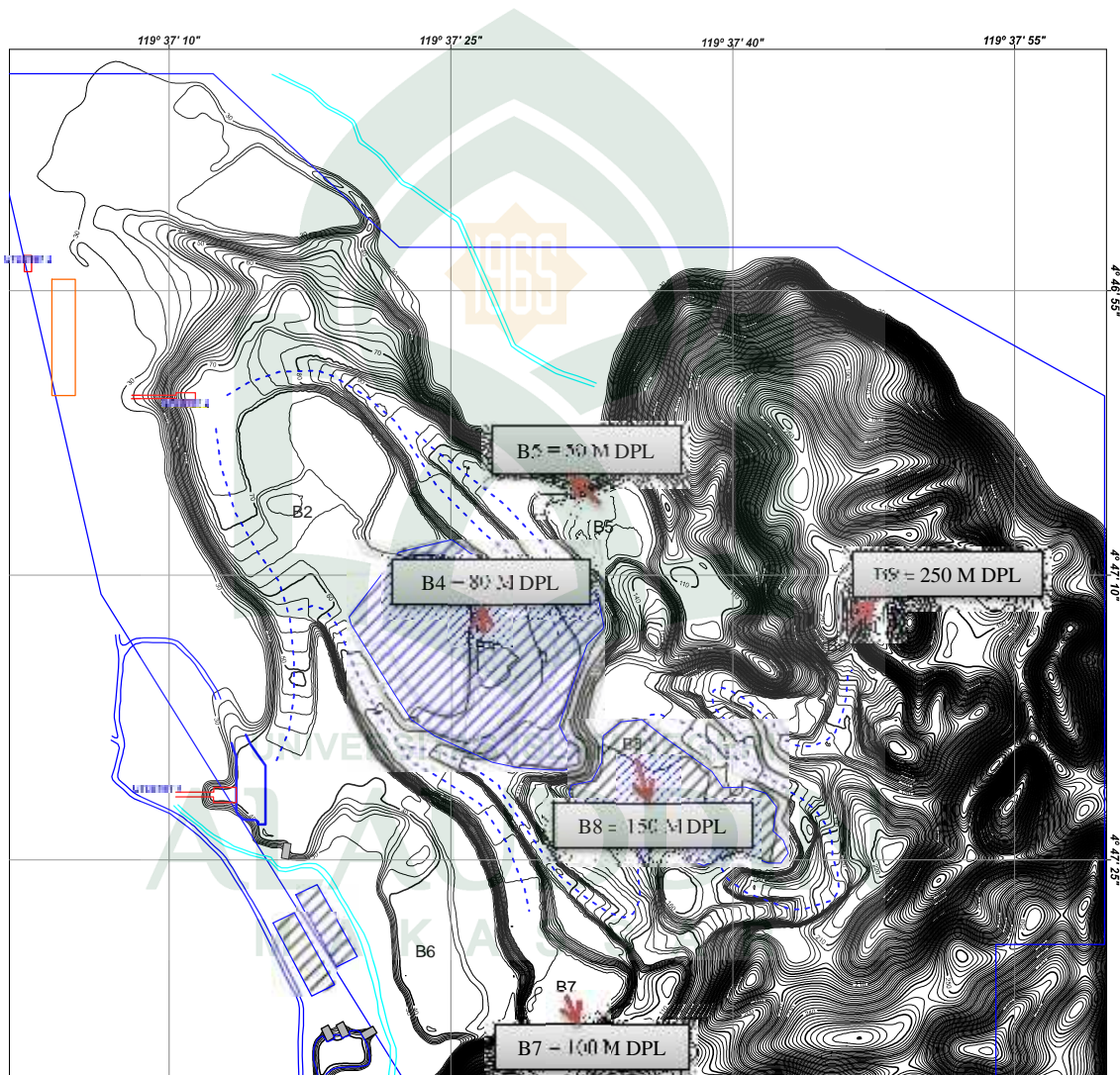
Gambar 3.28 Bagan alir proses uji Uji sinar X-Ray Diffraction dan X-Ray Fluorescence dari sampel batugamping.



## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Hasil Penelitian



Gambar 4.1 Peta Lokasi Pengambilan Sampel Batugamping di *Quarry Batu Kapur* PT Semen Tonasa

Gambar 4.1 merupakan peta lokasi pengambilan sampel batugamping dimana pada setiap bloknya berbeda ketinggian. Permukaan paling rendah yaitu pada blok 5

yaitu sekitar 50 meter dari permukaan laut sedangkan permukaan tertinggi yaitu pada blok 9 dengan ketinggian sekitar 250 meter diatas permukaan laut. Bagian yang hitam pada pada peta kontur lokasi pengambilan sampel batugamping merupakan lokasi yang menunjukkan daerah perbukitan dan sebagian besar belum ditambang oleh PT Semen Tonasa. Sedangkan pada daerah yang sementara ditambang, bagian dari peta kontur yang berwarna hitam menunjukkan daerah perbukitan atau tebing – tebing yang berlapis.

#### **4.1.1 Deskripsi Batugamping**

##### **4.1.1.1 Batugamping Pada Blok 4**

Warna Segar	: Putih
Warna Lapuk	: Putih Kecoklatan
Tekstur	: Mudah Lapuk dan Berongga
Ketinggian	: 80 meter DPL
Kandungan Fosil	: Terdapat Kandungan Fosil
Komposisi Mineral	: Kuarsa dan Kalsit
Komposisi Kimia	: $\text{SiO}_2$ , $\text{Al}_2\text{O}_3$ , $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , $\text{CaO}$ , $\text{MgO}$ , $\text{K}_2\text{O}$ , $\text{SO}_3$ , $\text{Na}_2\text{O}$ .



Gambar 4.2 Deskripsi Batugamping Blok 4

#### 4.1.1.2 Batugamping Pada Blok 5

Warna Segar	: Putih
Warna Lapuk	: Putih keabuan
Tekstur	: Mudah Lapuk dan Sedikit Berongga
Ketinggian	: 50 meter DPL
Kandungan Fosil	: Terdapat Banyak Kandungan Fosil
Komposisi Mineral	: Kalsit dan pirit
Komposisi Kimia	: $\text{SiO}_2$ , $\text{Al}_2\text{O}_3$ , $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , $\text{CaO}$ , $\text{MgO}$ , $\text{SO}_3$ , $\text{Na}_2\text{O}$ .



Gambar 4.3 Deskripsi Batugamping Blok 5

#### 4.1.1.3 Batugamping Pada Blok 7

Warna Segar	: Abu-Abu
Warna Lapuk	: Putih Keabuan
Tekstur	: Keras dan Tak Berongga
Ketinggian	: 100 meter DPL
Kandungan Fosil	: Terdapat Kandungan Fosil

Komposisi Mineral : Kuarsa dan Kalsit

Komposisi Kimia :  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ .



Gambar 4.4 Deskripsi Batugamping Blok 7

#### 4.1.1.4 Batugamping Pada Blok 8

Warna Segar : Putih

Warna Lapuk : Putih Kecoklatan

Tekstur : Tidak Mudah Lapuk dan Berongga

Ketinggian : 150 meter DPL

Kandungan Fosil : Terdapat Kandungan Fosil

Komposisi Mineral : Kalsit, Kuarsa dan Pirit

Komposisi Kimia :  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ .



Gambar 4.5 Deskripsi Batugamping Blok 8



#### 4.1.1.5 Batugamping Pada Blok 9

Warna Segar	: Putih
Warna Lapuk	: Putih Kecoklatan
Tekstur	: Tidak Mudah Lapuk dan Tak Berongga
Ketinggian	: 250 meter DPL
Kandungan Fosil	: Tidak Terdapat Kandungan Fosil
Komposisi Mineral	: Kalsit dan Kuarsa
Komposisi Kimia	: $\text{SiO}_2$ , $\text{Al}_2\text{O}_3$ , $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , $\text{CaO}$ , $\text{MgO}$ , $\text{SO}_3$ , $\text{Na}_2\text{O}$ .



Gambar 4.6 Deskripsi Batugamping Blok 9

#### 4.1.2 Data Hasil Penentuan *Hardgroove Grindability Index* pada Laboratorium

##### *Quality Assurance* Tonasa II/III

Tabel 4.1 Data Hasil Penentuan *Hardgroove Grindability Index* Batugamping

NO	Kode Sampel	Massa Sampel sebelum dihaluskan (gram)	Massa Sampel yang Lolos (75 Mic) pengayakan setelah dihaluskan (gram)	Nilai HGI
1	Blok 4	50.0393	8.0679	64
2	Blok 5	50.0331	7.4751	60
3	Blok 7	50.0051	7.5126	61
4	Blok 8	50.0119	9.9724	73
5	Blok 9	50.0112	10.7132	77

#### 4.1.3 Data Hasil Pengujian XRF Batugamping pada Laboratorium *Quality*

##### *Control* Tonasa IV

Tabel 4.2 Data Hasil Pengujian XRF Batugamping

NO	Kode Sampel	Komposisi Kimia (Oksida)							
		SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O
1	B9-1	0.05	0.92	0.62	54.94	0.23	0.00	0.02	0.10
2	B9-2	0.00	0.11	0.12	55.73	0.27	0.00	0.00	0.10
3	B9-3	0.10	0.14	0.13	55.80	0.29	0.00	0.01	0.10
4	B9-4	0.06	0.05	0.07	55.78	0.39	0.00	0.07	0.10
5	B9-5	0.11	0.02	0.08	55.98	0.24	0.00	0.02	0.10
6	B9-6	0.23	0.13	0.10	55.33	0.53	0.00	0.20	0.11
7	B8-1	1.31	0.59	0.09	55.08	0.20	0.00	0.01	0.11
8	B8-2	0.29	1.16	0.52	54.71	0.12	0.00	0.06	0.10
9	B8-3	0.04	0.21	0.11	55.83	0.08	0.00	0.09	0.10
10	B8-4	0.00	0.18	0.12	55.87	0.09	0.00	0.05	0.09
11	B8-5	0.47	0.59	0.30	55.04	0.17	0.00	0.01	0.10
12	B8-6	0.11	0.61	0.32	55.25	0.13	0.00	0.02	0.09
13	B7-1	0.10	0.04	0.05	55.36	0.66	0.00	1.00	0.12
14	B7-2	0.09	0.04	0.05	55.29	0.69	0.00	1.12	0.12
15	B7-3	0.40	0.46	0.22	54.80	0.64	0.00	0.82	0.13
16	B7-4	0.10	0.03	0.04	55.44	0.66	0.00	0.83	0.12
17	B7-5	0.01	0.08	0.06	55.29	0.66	0.00	0.83	0.13
18	B7-6	0.05	0.19	0.12	55.13	0.61	0.00	0.84	0.12
19	B5-1	0.15	0.00	0.03	55.71	0.52	0.00	0.26	0.10
20	B5-2	0.09	0.02	0.04	55.55	0.63	0.00	0.47	0.12
21	B5-3	0.11	0.01	0.04	55.67	0.48	0.00	0.35	0.10
22	B5-4	0.15	0.00	0.03	55.69	0.52	0.00	0.28	0.10
23	B5-5	0.09	0.03	0.04	55.55	0.58	0.00	0.38	0.10
24	B5-6	0.04	0.07	0.07	55.59	0.43	0.00	0.16	0.10
25	B4-1	0.77	0.48	0.28	54.74	0.44	0.00	0.12	0.11
26	B4-2	5.80	4.62	2.34	47.63	0.32	0.00	0.06	0.12
27	B4-3	0.47	0.45	0.24	55.13	0.28	0.00	0.06	0.11
28	B4-4	0.90	0.62	0.30	54.80	0.22	0.00	0.02	0.11
29	B4-5	0.83	0.64	0.31	54.81	0.22	0.00	0.00	0.09
30	B4-6	1.77	1.29	0.59	53.53	0.24	0.00	0.03	0.10

#### 4.1.4 Data Hasil Pengujian XRD Batugamping pada Laboratorium *Quality Control* Tonasa V

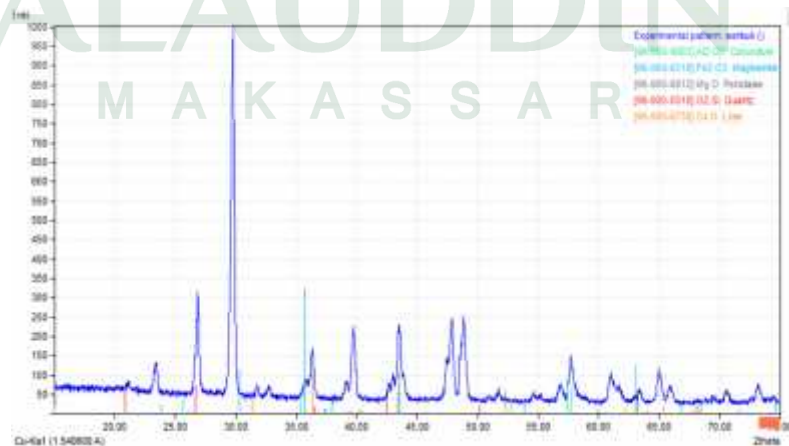
Tabel 4.3 Data Hasil Pengujian XRD Batugamping

NO	Kode Sampel	Komposisi Kimia (Oksida)						
		SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>
1	B4	1.48	1.11	0.58	54.62	0.28	0.00	0.00
2	B5	0.14	0.01	0.10	55.37	0.54	0.00	0.56
3	B7	0.07	0.06	0.13	55.11	0.63	0.00	1.53
4	B8	0.05	0.34	0.24	55.43	0.12	0.00	0.12
5	B9	0.14	0.17	0.23	55.48	0.32	0.00	0.05

#### 4.1.5 Data Hasil Pengujian XRD Sampel Batugamping dengan *Software Search Match* pada Laboratorium XRD dan XRF Gedung *Science Building* Fakultas MIPA Universitas Hasanuddin Makassar

##### 4.1.5.1 Batugamping pada Blok 4

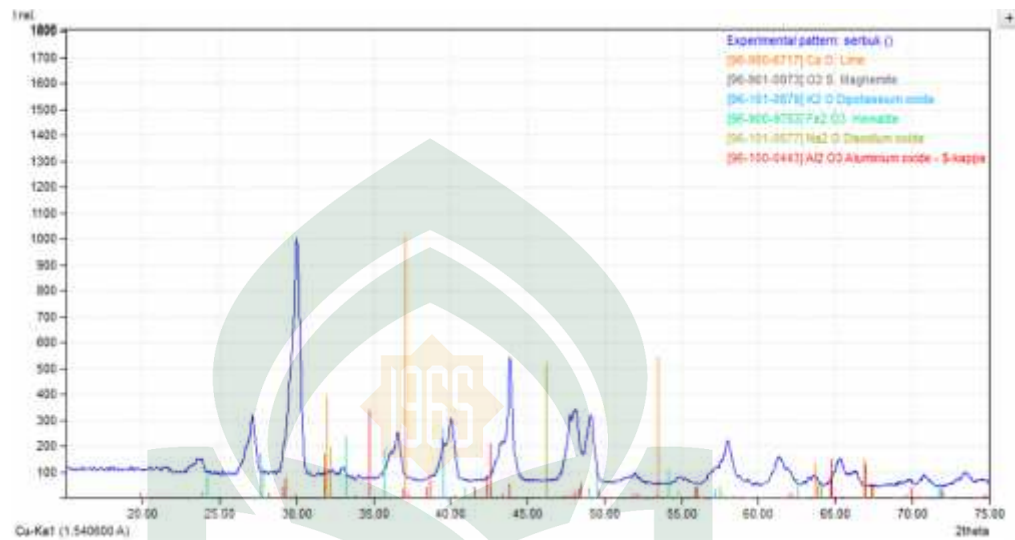
Mineral yang terkandung : Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>O, MgO, SiO<sub>2</sub>, dan CaO



Gambar 4.7 Grafik mineral yang terkandung dalam Batugamping pada Blok 4

#### 4.1.5.2 Batugamping pada Blok 5

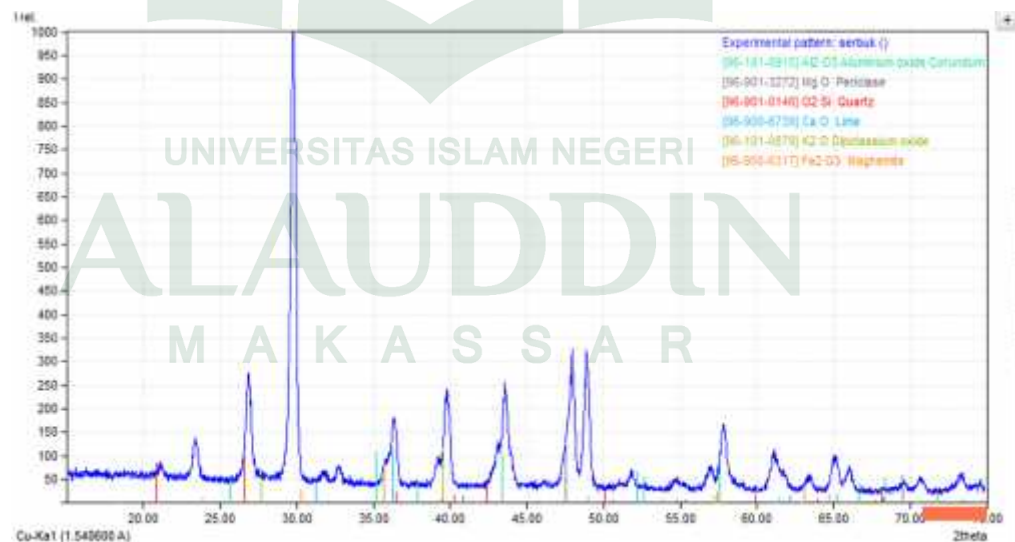
Mineral yang terkandung :  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{SiO}_2$ , dan  $\text{CaO}$



Gambar 4.8 Grafik mineral yang terkandung dalam Batugamping pada Blok 5

#### 4.1.5.3 Batugamping pada Blok 7

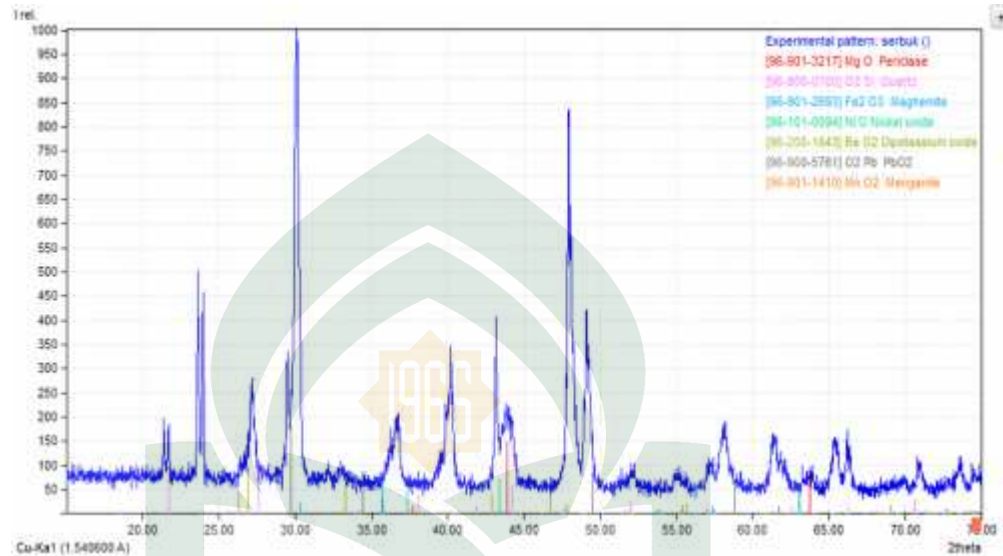
Mineral yang terkandung :  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{SiO}_2$ , dan  $\text{CaO}$ .



Gambar 4.9 Grafik mineral yang terkandung dalam Batugamping pada Blok 7

#### 4.1.5.4 Batugamping pada Blok 8

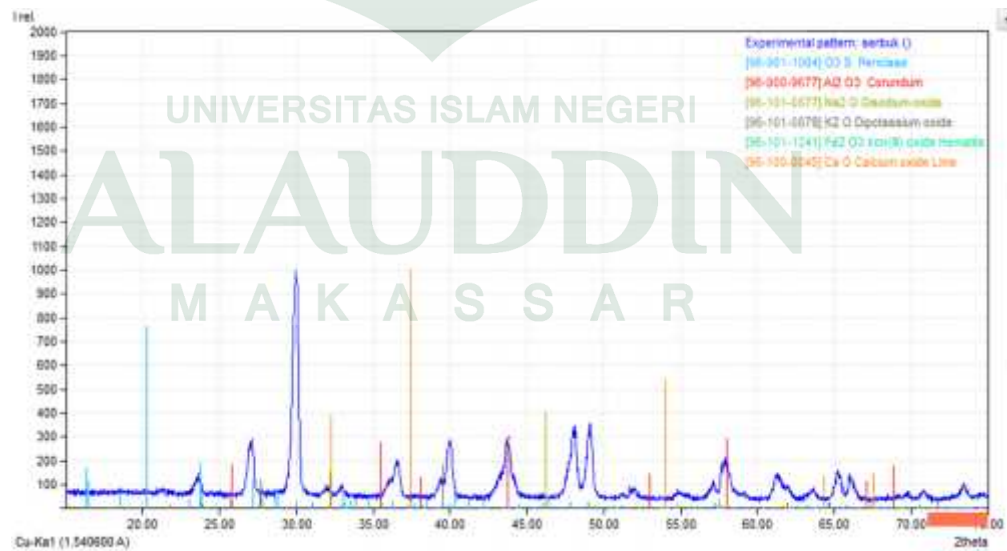
Mineral yang terkandung :  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ , dan  $\text{SiO}_2$



Gambar 4.10 Grafik mineral yang terkandung dalam Batugamping pada Blok 8

#### 4.1.5.5 Batugamping pada Blok 9

Mineral yang terkandung :  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{SO}_3$ , dan  $\text{CaO}$



Gambar 4.11 Grafik mineral yang terkandung dalam Batugamping pada Blok 9

#### 4.2. Pembahasan

Sampel penelitian (batugamping) yang dianalisis merupakan sampel permukaan hasil peledakan yang terdapat pada *Quarry* Batu Kapur PT Semen Tonasa yang terdiri dari beberapa *shelter* (blok) di mana selanjutnya sampel tersebut diolah dan dianalisis di Laboratorium *X-Ray* dengan tujuan untuk mengetahui kandungan mineral dan unsur yang terkandung didalamnya. Mengenai kandungan mineral dari sampel batugamping yang digunakan dapat diperoleh dengan menggunakan alat *X-Ray Diffraction* (XRD), sedangkan mengenai unsur atau kandungan oksidanya dapat diperoleh dengan menggunakan alat *X-Ray Fluorescence* (XRF).

Sifat fisik dari batugamping dapat diperoleh dengan cara pengamatan langsung pada saat pengambilan sampel batugamping tersebut. Di mana pada blok 4 didapatkan warna segar putih, warna lapuk putih kecoklatan, tekstur yaitu mudah lapuk dan berongga, terdapat kandungan fosil dan terletak kurang lebih 80 meter di atas permukaan laut. Pada blok 5 didapatkan warna segar putih, warna lapuk putih keabuan, tekstur yaitu mudah lapuk dan sedikit berongga, terdapat kandungan fosil dan terletak kurang lebih 50 meter di atas permukaan laut. Pada blok 7 didapatkan warna segar abu – abu, warna lapuk putih keabuan, tekstur yaitu keras dan tak berongga, terdapat kandungan fosil dan terletak kurang lebih 100 meter di atas permukaan laut. Pada blok 8 didapatkan warna segar putih, warna lapuk putih kecoklatan, tekstur yaitu tidak mudah lapuk dan tak berongga, terdapat kandungan fosil dan terletak kurang

lebih 150 meter di atas permukaan laut. Pada blok 9 didapatkan warna segar putih, warna lapuk putih kecoklatan, tekstur yaitu tidak mudah lapuk dan tak berongga, tidak terdapat kandungan fosil dan terletak kurang lebih 250 meter di atas permukaan laut.

Adanya perbedaan warna segar dan warna lapuk dipengaruhi oleh lapisan–lapisan penyusun dari batugamping dan juga kadang adanya sisipan soil (tanah) yang melekat pada batugamping sehingga warna lapuk dari batugamping kadang berbeda dari warna segarnya. Selain itu, ada tidaknya kandungan fosil dari batugamping dipengaruhi oleh proses pengendapan atau proses terbentuknya batugamping dimana pada ketinggian yang berbeda memiliki jenis kandungan fosil yang berbeda pula. Hal ini dipengaruhi oleh ganggang yang ada di lautan dangkal juga berbeda jenisnya. Kadang pula banyak ditemui kandungan fosil berupa betolit yang menandakan bahwa batugamping ini terbentuk dari lautan yang dangkal, di mana betolit ini dulunya hidup di dalam lautan – lautan yang tidak terlalu dalam.

Mengenai sifat kekerasan dari material batugamping yang digunakan dapat diperoleh dengan cara penentuan nilai *Hardgroove Grindability Index* (HGI) dimana diperoleh hasil bahwa masing–masing blok memiliki nilai HGI (kekerasan) yang berbeda di mana nilai HGI pada Blok 4 yaitu 64, nilai HGI pada Blok 5 yaitu 60, nilai HGI pada Blok 7 yaitu 61, nilai HGI pada Blok 8 yaitu 73, dan nilai HGI pada Blok 9 yaitu 77. Adanya perbedaan nilai kekerasan (HGI) dari batugamping ini dipengaruhi oleh tekstur dari batuan di



mana semakin keras atau semakin rapat partikel penyusun dari sampel batugamping yang diambil maka nilai HGI atau tingkat kekerasan dari material batugamping tersebut juga semakin tinggi.

Hasil karakterisasi menggunakan XRF mengenai kandungan unsur pada batugamping dari semua blok (*shelter*) yang ada diperoleh bahwa unsur mayor pada sampel batugamping adalah Calsium (Ca), Magnesium (Mg), Besi (Fe), Silikon (Si), Aluminium (Al) sedangkan unsur minornya yaitu Kalium (K), Sulfur (S), dan Natrium (Na) sebagaimana dapat dilihat pada tabel 4.2 (Data Hasil Pengujian XRF Batugamping ).

Dari hasil analisis XRD dengan menggunakan *software search-match* diketahui bahwa mineral yang terkandung pada batugamping yaitu  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{SO}_3$  dan  $\text{Na}_2\text{O}$ . Mineral yang terkandung dalam batugamping pada blok 4 yaitu  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$  dan  $\text{K}_2\text{O}$  (dapat dilihat pada gambar 4.7 grafik mineral yang terkandung dalam batugamping pada Blok 4) Mineral yang terkandung dalam batugamping pada blok 5 yaitu  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  dan  $\text{K}_2\text{O}$  (dapat dilihat pada gambar 4.8 grafik mineral yang terkandung dalam batugamping pada Blok 5). Mineral yang terkandung dalam batugamping pada blok 7 yaitu  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{SiO}_2$  dan  $\text{K}_2\text{O}$  (dapat dilihat pada gambar 4.9 grafik mineral yang terkandung dalam batugamping pada Blok 7). Mineral yang terkandung dalam batugamping pada blok 8 yaitu  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ , dan  $\text{SiO}_2$  (dapat dilihat pada gambar 4.10 grafik mineral yang terkandung dalam batugamping pada Blok 8).



Mineral yang terkandung dalam batugamping pada blok 9 yaitu  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  dan  $\text{K}_2\text{O}$  (dapat dilihat pada gambar 4.11 grafik mineral yang terkandung dalam batugamping pada Blok 9).

Dari kedua metode yang digunakan dapat diketahui bahwa hasil karakterisasi dengan menggunakan XRF jauh lebih akurat dibandingkan dengan hasil karakterisasi XRD. Hal ini dipengaruhi oleh penggunaan *software* yang berbeda dan spesifikasi alat yang berbeda pula. Misalkan saja pada pengolahan sampel pada laboratorium *Quality Control* Tonasa V di mana digunakan alat XRD dengan preparasi sampel hingga pada ukuran 40 micron kemudian dipres pada cincin pres dan di analisis menggunakan *software OXSAS* sehingga diperoleh hasil kandungan mineral  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{SO}_3$  dan  $\text{Na}_2\text{O}$  pada setiap sampel dari masing – masing blok yang ada. (dapat dilihat pada tabel 4.3 data hasil pengujian XRD batugamping pada laboratorium *Quality Control* Tonasa V) sedangkan hasil yang diperoleh dari laboratorium XRD dan XRF Gedung *Science Building* Fakultas MIPA Universitas Hasanuddin dengan menggunakan *software search-match* di mana sampel yang digunakan berukuran 50 mikron dan dianalisis dengan metode serbuk sehingga kadang ada mineral mayor maupun minor pada batugamping yang tidak terdeteksi oleh *software* yang digunakan. Hal ini juga dapat disebabkan karena pengolahan data dengan menggunakan *software search-match* diolah secara manual sehingga kadang ada kesalahan dari user dalam menggunakan *software* ini.

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai karakteristik batugamping yang diambil langsung dari *Quarry* Batu Kapur PT Semen Tonasa, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Mineral yang terkandung dalam batugamping di *Quarry* Batu Kapur PT Semen Tonasa berdasarkan ketinggian tempat dengan menggunakan alat *X-Ray Diffraction* diperoleh kandungan mineral dari batugamping yaitu  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{SO}_3$  dan  $\text{Na}_2\text{O}$ , sedangkan unsur yang terkandung dalam batugamping dengan menggunakan alat *X-Ray Fluorescence* yaitu Calsium (Ca), Magnesium (Mg), Besi (Fe), Silikon (Si), Aluminium (Al) sebagai unsur mayor dari batugamping dan unsur minornya yaitu Kalium (K), Sulfur (S), dan Natrium (Na).
2. Ciri fisik batugamping berdasarkan ketinggian tempat diperoleh hasil pengamatan pada masing–masing blok dimana pada blok 4 diperoleh warna segar putih, warna lapuk putih kecoklatan, tekstur batuan mudah lapuk dan berongga, terdapat kandungan fosil dan memiliki nilai HGI sebesar 64. Pada blok 5 dengan ciri fisik yaitu memiliki warna segar putih, warna lapuk putih keabuan, tekstur batuan mudah lapuk dan sedikit berongga, terdapat kandungan fosil dan memiliki nilai HGI sebesar 60. Pada blok 7 memiliki

warna segar abu – abu, warna lapuk putih keabuan, tekstur batuan keras dan tak berongga, terdapat kandungan fosil dan memiliki nilai HGI sebesar 61. Pada blok 8 memiliki warna segar putih, warna lapuk putih kecoklatan, tekstur batuan tidak mudah lapuk dan tak berongga, terdapat kandungan fosil dan memiliki nilai HGI sebesar 73. Pada blok 9 dengan ciri fisik warna segar putih, warna lapuk putih kecoklatan, tekstur batuan yaitu tidak mudah lapuk dan tak berongga, tidak terdapat kandungan fosil dan memiliki nilai HGI sebesar 77.

## 5.2 Saran

Penelitian ini merupakan studi awal untuk mengetahui kandungan unsur dan mineral yang terkandung dalam batugamping di Quarry Batu Kapur PT Semen Tonasa. Penelitian selanjutnya disarankan agar lebih meningkatkan hal-hal yang berkaitan dengan preparasi sampel, misalkan pada proses *Milling* (penghalusan sampel menjadi serbuk). Selain itu, memperhatikan struktur lapisan dari batugamping yang terdapat di *Quarry* Batu Kapur PT Semen Tonasa dan memperhitungkan ukuran butir dari sampel sehingga mendapatkan informasi yang lebih akurat tentang kandungan unsur dan mineral penyusun batugamping di *Quarry* Batu Kapur PT Semen Tonasa.

## DAFTAR PUSTAKA

- Al-Quran al-Karim. *Tafsir Quran Karim Bahasa Indonesia oleh Prof. Dr.H.Mahmud Yunus*. Jakarta: PT.Hidakarya Agung , 2004 M – 1425 H .
- Academia.edu. <https://www.academia.edu/4645095/> *Jenis – Jenis Batu Gamping*. Diakses pada tanggal 7 November 2016.
- Bevie,MN. *Pemodelan kemajuan tambang batugamping menggunakan aplikasi surpac 6.1.2 study kasus penambangan batugamping distrik arso 1 kabupaten Keerom*. Jurnal Cartenz. Vol. 4, No. 6, Desember 2013.
- Fitria A, Nurul,dkk. *Pengaruh Penambahan Larutan  $MgCl_2$  pada Sintesis Kalsium Karbonat Presipitat Berbahan Dasar Batu Kapur dengan Metode Karbonasi*. Jurnal Sains dan Seni ITS. Vol. 1, No. 1, September 2012.
- Hamasah Izzati, Asyiah. *Skripsi: Karakterisasi Gypsum Tipe III Daur Ulang Menggunakan X-Ray Diffraction (XRD)*. Jember: Program Studi Kedokteran Gigi Universitas Jember. 2015.
- Jasruddin,dkk. *Karakterisasi Kalsium Karbonat ( $Ca(CO_3)$ ) dari Batu Kapur Kelurahan Tellu Limpoe Kecamatan Suppa*. Jurnal Sains dan Pendidikan Fisika. Jilid 11, No. 2, Agustus 2015.
- Kementrian Agama Republik Indonesia. *Al-Quran dan Terjemahannya Edisi Ilmu Pengetahuan*.Bandung: Al-Mizan, 2011.
- Mailinda,dkk. *Sintesa Hydroxyapatite ( $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ ) Berbasis Batu Kapur*. Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya (JPFA). Vol. 5, No. 1, Juni 2015.
- Mairuhu,Natalino. *Studi Potensi Batugamping Sebagai Bahan Dasar Semen Daerah Gn. Batuputih, Kecamatan Samarinda Ulu Kotamadya Samarinda, Provinsi Kalimantan Timur*. Jurnal Ilmiah MTG. Vol. 6, No. 2, Juli 2013.
- Munasir,dkk. *Uji XRD Dan XRF Pada Bahan Meneral (Batuan Dan Pasir) Sebagai Sumber Material Cerdas ( $CaCO_3$  dan  $SiO_2$ )*. Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya (JPFA). Vol. 2, No. 1, Juni 2012.
- Mulyono,dkk. *Kalibrasi Tenaga Dan Standar Menggunakan Alat X-Ray Fluoresence (XRF) untuk Analisis Unsur Zirkonium dalam Mineral*. Jurnal Penelitian dan Pengelolaan Perangkat Nuklir. 2012.

- Murdaka Bambang, Kuntoro Tri. 2010. *Fisika Dasar Listrik-Magnet, Optika, Fisika Modern untuk Mahasiswa Ilmu- Ilmu Eksakta & Teknik*. Yogyakarta: Andi.
- Nur Fitriana, Vinda. *Skripsi : Sintesis dan Karakterisasi Superkapasitor berbasis Nanokomposit  $TiO_2/C$* . Malang: Program Studi Fisika Universitas Negeri Malang. 2015.
- Nura Aditama, Sholeh. *Skripsi: Sintesis Dan Karakterisasi Zeolite X Dari Abu Vulkanik Gunung Kelud Dengan Variasi Suhu Hidrotermal Menggunakan Metode Sol-Gel*. Malang: Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim. 2015.
- Nurjannah,Yumono,MT. *Permodelan Estimasi Potensi Tambang Batu Kapur Dari Hasil Analisa Data Citra Satelit Landsat 7 Etm+ (Studi Kasus : Tambang Batu Kapur PT. Semen Gresik Persero Tbk. Pabrik Tuban*. Jurnal Teknik Pomits.Volume X Nomor X, 2013.
- Prasticia. *Analisis Perhitungan Biaya Penambangan Batu Silika Pada Departemen Tambang PT Semen Padang*. Jurnal Optimasi Sistem Industri. Vol.10, No. 1, April 2011.
- Shihab,M Quraish. *Tafsir Al-Misbah Volume 11 Pesan Kesan dan Keserasian Al-Quran*. Jakarta: Lentera Hati, 2009.
- Shihab,M Quraish. *Tafsir Al-Misbah Volume 12 Pesan Kesan dan Keserasian Al-Quran*. Jakarta: Lentera Hati, 2009.
- Soedjojo,Peter. 2001. *Fisika Modern Azas-Azas Ilmu Fisika Jilid 4*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Sukanto, Rab. 1982. *Geologi Regional Lembar Pangkajene dan Watampone bagian Barat*: Bandung.
- Timpola, Ruslan. *Skripsi : Karakterisasi Kandungan Mineral dan Unsur Penyusun Batu Gamping di Buliide*. Gorontalo: Jurusan Fisika Universitas Negeri Gorontalo. 2014.
- Utami, Andi Wahtuni. *Laporan Praktek Kerja Lapangan Pada PT. Semen Tonasa Pangkep*. Jurusan Kimia UIN Alauddin Makassar: Makassar. 2016.

Wahidah. *Perizinan Tambang Galian C dalam Tinjauan Fiqh Al-Biah*. Jurnal Ilmu Hukum dan Ekonomi Syariah Vol. III No.1 Tahun 2017.

Wiyatmo, Yusman. 2010. *Fisika Modern*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.

